

RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE
sur le déraillement par bivoie
du TER n° 859100
en gare de Sainte-Pazanne (44)
le 12 octobre 2015

Janvier 2017

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

Affaire n° BEATT-2015-012

**Rapport d'enquête technique
sur le déraillement par bivoie du TER n° 859100
en gare de Sainte-Pazanne (44)
le 12 octobre 2015**

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 par bivoie du TER n° 859100 en gare de Sainte-Pazanne (44) le 12 octobre 2015

N° ISRN : EQ-BEAT--xx-xx--FR

Proposition de mots-clés : déraillement, bivoie, déshuntage, circuit de voie, autorail

Avertissement

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

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

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - L'accident.....	13
1.2 - Le bilan de l'accident.....	14
1.3 - Les mesures prises après l'accident.....	14
1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	14
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	15
2.1 - La ligne ferroviaire de Nantes à Saint-Gilles-Croix-de-Vie et Pornic.....	15
2.2 - La gare de Sainte-Pazanne.....	15
2.3 - Les circuits de voie.....	17
2.4 - Le train n° 859100.....	17
2.5 - Les autorails de la série X 73500.....	18
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	19
3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages.....	19
3.1.1 -Les déclarations du conducteur du train.....	19
3.1.2 -Les déclarations de l'agent circulation de Sainte-Pazanne.....	19
3.2 - L'examen des données de l'enregistreur de bord.....	20
3.3 - Les investigations sur l'autorail accidenté.....	20
3.3.1 -Les constats sur l'engin.....	20
3.3.2 -L'examen des données de maintenance.....	21
3.4 - Les investigations sur la voie.....	22
3.4.1 -Les constatations sur la voie.....	22
3.4.2 -La recherche de l'origine des salissures.....	23
3.5 - Les investigations sur les installations de sécurité.....	24
3.5.1 -Les vérifications sur les installations de sécurité.....	24
3.5.2 -Examen des données enregistrées par le poste d'aiguillage.....	24
3.6 - Mesures à prendre vis-à-vis des circulations de catégorie A.....	26
3.7 - Conclusions sur les causes immédiates du déraillement.....	26
3.8 - La problématique générale du déshuntage des circuits de voie.....	27
3.8.1 -La détection de présence des mobiles.....	27
3.8.2 -Les principales causes de défaillances contraires à la sécurité des circuits de voie.....	29
3.8.3 -Les paramètres influant sur le risque déshuntage.....	29
3.8.4 -Le dispositif de veille sur les déshuntages.....	30
3.8.5 -L'évolution du risque « déshuntage ».....	31
3.8.6 -L'évolution par type de CDV.....	33

3.9 - Les facteurs en lien avec la gestion des circulations.....	33
3.9.1 -Les catégories de circulations.....	33
3.9.2 -Les mesures vis-à-vis des engins de catégorie A.....	34
3.9.3 -Les conséquences du déploiement des postes à enregistrement.....	34
3.10 - Les plans d'actions décidés après le 12 octobre 2015.....	35
3.10.1 -Les actions de phase A.....	35
3.10.2 -Les actions de phase B.....	36
3.10.3 -Les actions concernant les PN.....	36
3.10.4 -Les actions de pilotage.....	36
3.10.5 -L'estimation des effets des actions.....	36
4 - RESTITUTION DU DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....	39
5 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES ..	41
5.1 - L'arbre des causes.....	41
5.2 - Les causes de l'événement.....	42
5.3 - La prise en compte du phénomène d'encrassement des roues	42
5.4 - Le nettoyage des rails après les opérations de renouvellement de voies	43
5.5 - Les modalités de délivrance des dispenses S6A n° 4.....	44
5.6 - La mise en œuvre des postes d'aiguillage modernes.....	44
5.7 - Le suivi des déshuntages de circuits de voie ITE.....	45
6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	47
6.1 - Les conclusions.....	47
6.2 - Les recommandations.....	47
ANNEXES.....	49
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	51
Annexe 2 : Lecture de l'archivage du poste de Sainte Pazanne.....	52

Glossaire

- **AC** : Agent Circulation
- **AGC** : Automoteur à Grande Capacité
- **BIAS** : Boucle Inductive d'Aide au Shuntage
- **CDV** : Circuit De Voie
- **CE** : Compteur d'essieux
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **EIC** : Etablissement Infra-Circulation
- **ITE** : (circuit de voie à) Impulsions de Tension Elevée
- **PAI** : Poste d'Aiguillage Informatisé
- **PIPC** : Poste Informatisé à technologie PC
- **PN** : Passage à Niveau
- **PK** : Point Kilométrique
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **RV** : Relais de voie
- **SNCF** : Société Nationale des Chemins de fer Français
- **TER** : Train Express Régional
- **UM71** : (circuit de voie) Unifié à courant Modulé type 71

Résumé

Le 12 octobre 2015 à 5h40, l'autorail X 73811 venant de Saint-Gilles-Croix-de-Vie et assurant le train express régional n° 859100 déraille par bivoie, à faible vitesse, sur l'aiguille 310b située à l'entrée de la gare de Sainte-Pazanne. Il s'arrête 30 m plus loin avec son bogie avant sur les rails de la voie 2 et son bogie arrière déraillé sur la voie 1.

L'événement n'a fait aucune victime parmi les 12 voyageurs et le personnel du train.

Les dégâts matériels sont limités aux organes de roulement de l'autorail dont le bogie arrière a roulé une trentaine de mètres dans le ballast, à l'aiguille talonnée par le bogie de tête et à la trentaine de mètres de voie parcourue par le bogie déraillé.

Ce déraillement par bivoie fait suite à la translation de l'aiguille 310b entre les deux bogies de l'autorail.

Cet événement a été causé d'une part par un déshuntage de 2,7 secondes sur le circuit de voie ITE de la zone 325 et d'autre part par l'enregistrement, par l'agent circulation de Sainte-Pazanne, d'un itinéraire incompatible avec celui du train en question, cet enregistrement étant autorisé par la consigne S6A n° 4 de l'établissement Infra-Exploitation Pays de Loire.

La recherche des voies de progès a conduit à formuler quatre recommandations en lien avec les causes origines et portant sur les thèmes suivants :

- la prise en compte du phénomène d'encrassement des roues ;
- le nettoyage des rails après les opérations de renouvellement de voies ;
- les modalités de délivrance des dispenses S6A n° 4 ;
- la mise en œuvre des postes d'aiguillage modernes.

Par ailleurs, l'enquête a montré que les déshuntages des circuits de voie de type CDV ITE méritaient un suivi spécifique et une attention particulière ce qui a conduit le BEA-TT à formuler une cinquième recommandation sur ce thème.

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

1.1 - L'accident

Le 12 octobre 2015 à 5h40, l'autorail X 73811 venant de Saint-Gilles-Croix-de-Vie et assurant le train express régional n° 859100 déraille par bivoie, à faible vitesse, sur l'aiguille 310b située à l'entrée de la gare de Sainte-Pazanne. Il s'arrête 30 m plus loin avec son bogie avant sur les rails de la voie 2 et son bogie arrière déraillé sur la voie 1.



Figure 1 : Arrière de l'autorail X 73811 déraillé

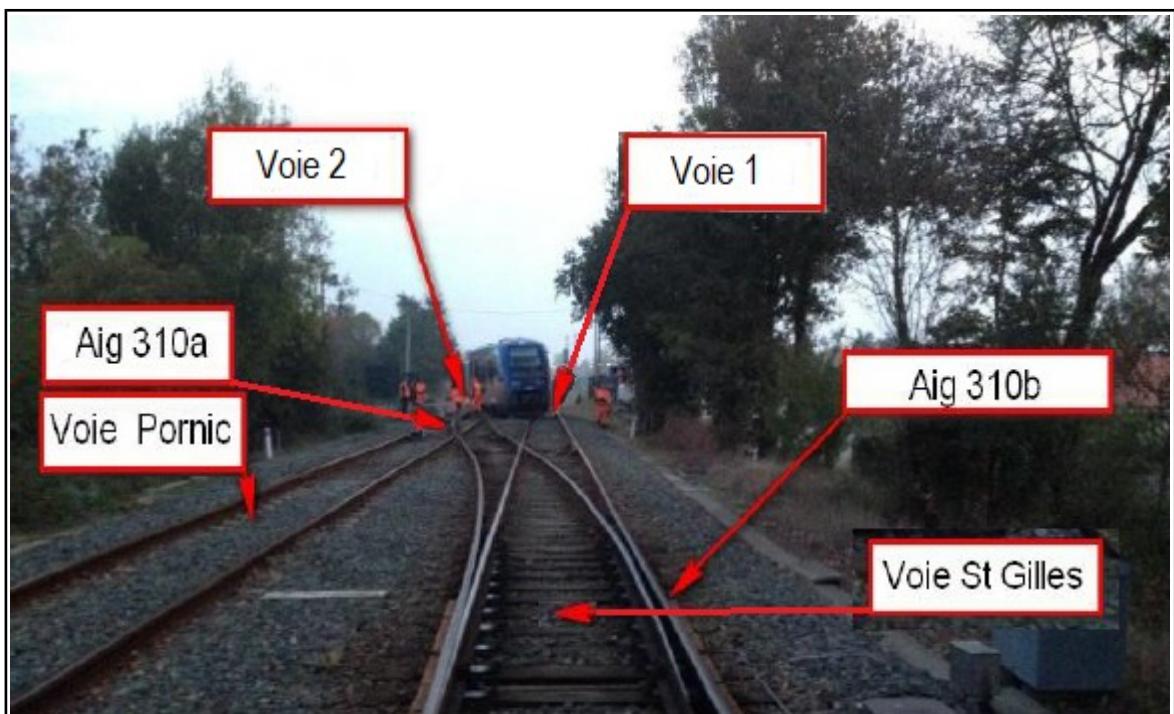


Figure 2 : Vue générale de l'entrée de la gare côté Saint-Gilles-Croix-de-Vie

1.2 - Le bilan de l'accident

L'événement n'a fait aucune victime parmi les 12 voyageurs et le personnel du train.

Les dégâts matériels sont limités aux organes de roulement de l'autorail dont le bogie arrière a roulé une trentaine de mètres dans le ballast, à l'aiguille 310a talonnée par le bogie de tête et à la trentaine de mètres de voie 1 parcourue par le bogie déraillé.

1.3 - Les mesures prises après l'accident

L'agent circulation (AC) de Sainte-Pazanne prend aussitôt les mesures pour arrêter et retenir les circulations se dirigeant vers le lieu du déraillement et pour figer la situation en vue de l'enquête.

L'enquête immédiate a permis d'établir rapidement que le déraillement avait probablement pour origine un déshantage causé par la présence d'une pollution importante sur les roues de l'autorail. Ce déshantage qui faisait suite à d'autres événements semblables concernant des autorails de la même série que le X 73811 a conduit la SNCF, avec l'agrément de l'EPSF, à prendre à titre conservatoire des mesures restrictives concernant la circulation de ces engins. Ces mesures sont toujours en vigueur à la date de parution de ce rapport.

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

Au vu des circonstances et du contexte de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 13 octobre 2015 une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 du code des transports.

L'enquêteur du BEA-TT a pu disposer de l'ensemble des pièces, enregistrements et documents utiles pour ses investigations ainsi que des différents rapports d'enquêtes internes établis par les services de la SNCF. Il a eu accès aux données statistiques sur les déshangements, établies par SNCF Réseau, à partir desquelles sont établis les graphiques et les analyses quantitatives figurant dans le rapport.

Il a rencontré les experts en charge des circuits de voie, des postes d'aiguillage, des rails et du matériel roulant ainsi que les responsables de l'EPSF et de SNCF Réseau en charge du suivi des mesures conservatoires et des plans d'actions décidés après l'accident.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - La ligne ferroviaire de Nantes à Saint-Gilles-Croix-de-Vie et Pornic.

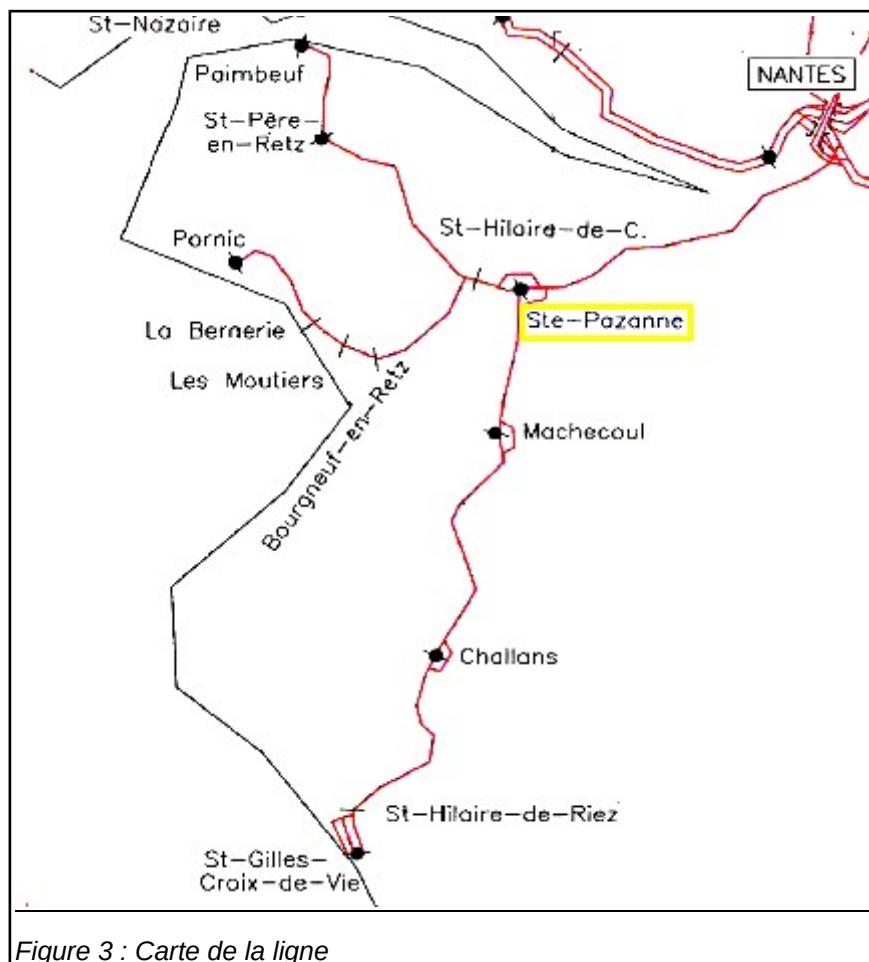
La ligne de Rézé (Nantes) à Saint-Gilles-Croix-de-Vie et Pornic est une ligne à voie unique¹ non électrifiée à vocation régionale.

Elle est classée dans le groupe 8 AV de l'UIC en raison de son faible trafic de 15 trains par jour et par sens dont 14 trains de voyageurs.

La vitesse maximale des trains les plus rapides est de 100 km/h sur l'ensemble de la ligne.

Le cantonnement des trains est réalisé par le block automatique à permissivité restreinte (BAPR) à compteur d'essieux.

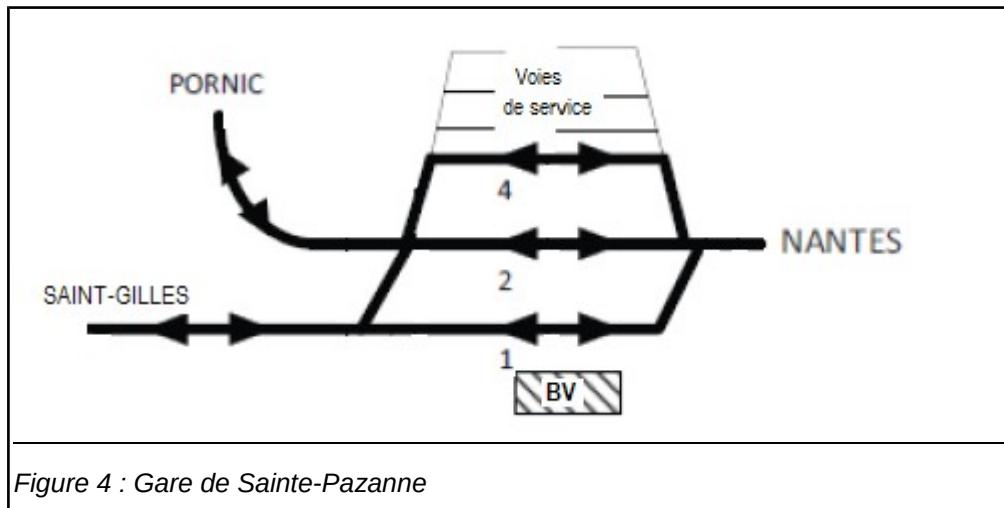
La régulation est assurée par le COGC de Nantes.



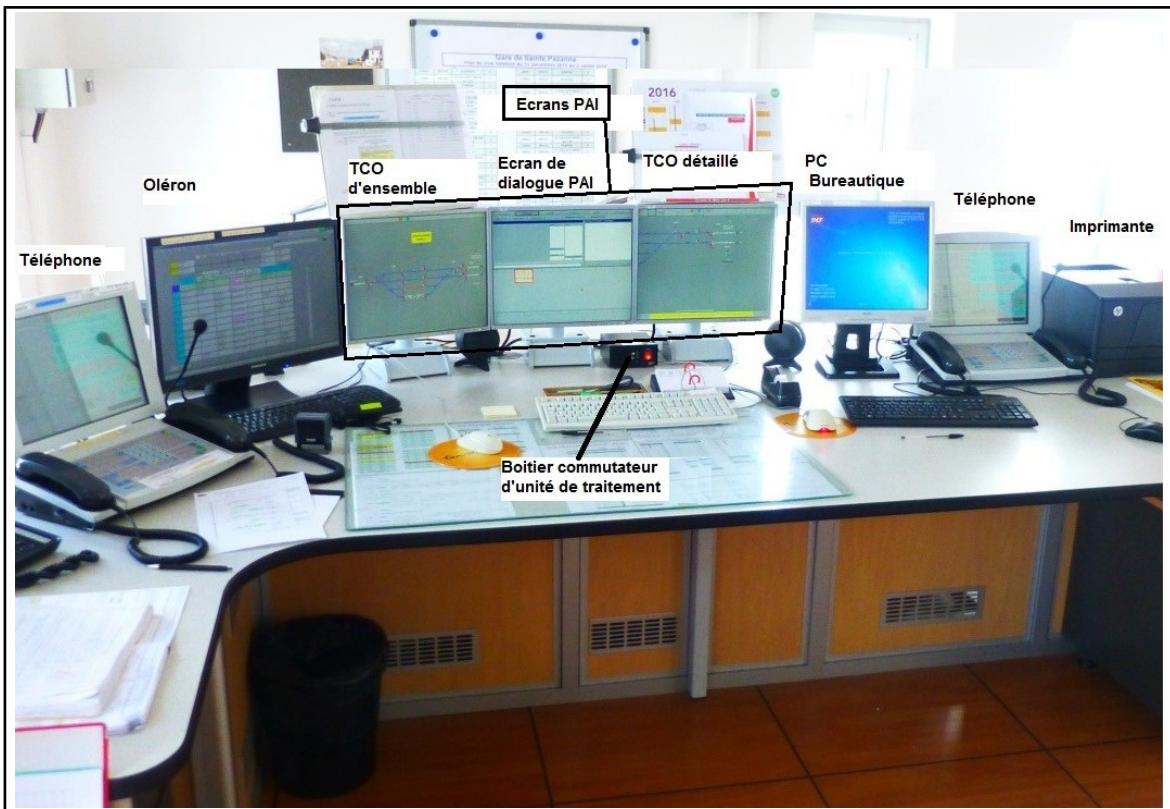
2.2 - La gare de Sainte-Pazanne

La gare de Sainte-Pazanne permet le croisement des trains et commande la bifurcation vers Saint-Gilles-Croix-de-Vie ou Pornic.

¹ En l'occurrence, l'appellation exacte est « ligne à une seule voie banalisée »



Ses installations sont gérées par un Agent Circulation (AC) avec un poste d'aiguillage informatisé de type PIPC 2006.



Sur ce type de poste moderne, les itinéraires correspondant à plusieurs trains successifs peuvent être enregistrés à l'avance.

L'itinéraire enregistré pour le train suivant se forme automatiquement dès que le train précédent a dégagé les zones concernées.

La détection automatique de la présence des circulations sur les zones se fait par des circuits de voie à impulsions de tension élevée (ITE) ce qui est l'équipement standard pour les zones de postes d'aiguillages du réseau ferré national.

2.3 - Les circuits de voie

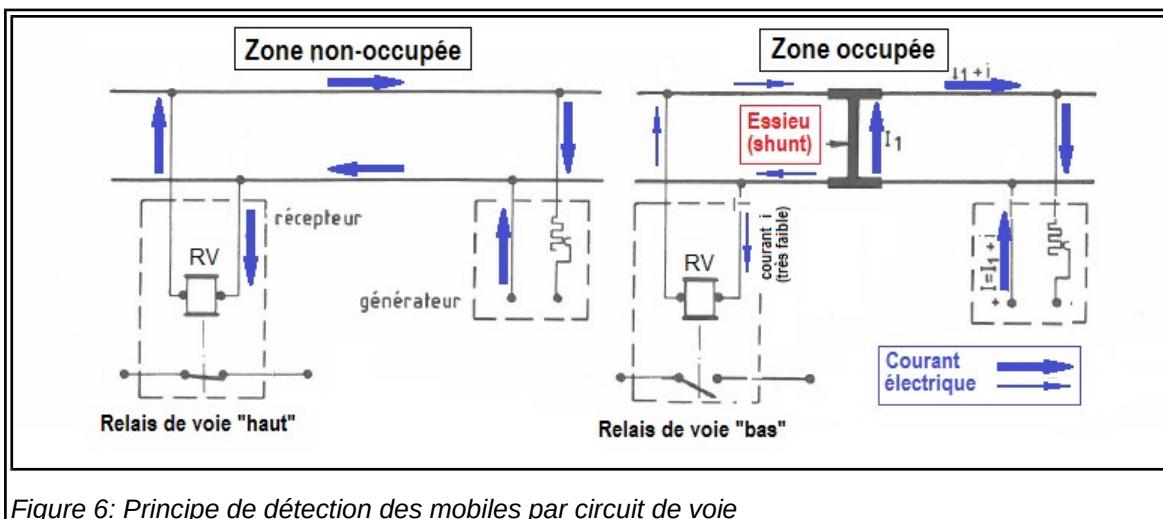


Figure 6: Principe de détection des mobiles par circuit de voie

Le circuit de voie est un système de détection de la présence des mobiles basé sur la circulation d'un courant électrique dans les rails entre un générateur et un récepteur.

En l'absence de circulation sur la zone couverte par le CDV, la totalité du courant émis par le générateur, circule dans le récepteur et maintient le relais de voie RV en position haute.

Lorsqu'un essieu d'une circulation est présent sur la zone, celui-ci détourne une partie du courant émis par le générateur. On dit qu'il shunte le circuit de voie. Lorsque le contact électrique entre les rails et les roues est bon, le courant circulant dans le récepteur est très faible et ne suffit pas à maintenir le relais de voie en position haute. On dit que le relais chute.

Si le contact électrique entre les rails et les roues est mauvais, l'essieu ne joue pas correctement son rôle de shunt. Le relais de voie ne chute pas ou remonte. On est alors en présence d'un déshuntage. Selon la durée du phénomène et selon les temporisations des différents systèmes, le train peut disparaître des tableaux de contrôle du poste, des signaux peuvent s'ouvrir et des enclenchements se libérer.

2.4 - Le train n° 859100

Il s'agit d'un train express régional de l'entreprise ferroviaire SNCF Mobilités qui assure, en semaine, la relation de Saint-Gilles-Croix-de-Vie à Nantes avec un départ de Saint-Gilles à 4h 55 et une arrivée à Nantes à 6h 15.

Il circulait à l'heure, arrivant à 5h 42 à Sainte-Pazanne où il attend le train n° 859200 en provenance de Pornic qui arrive à 5h 47. Les deux trains raccordés repartent à 5h 52 vers Nantes.

Le jour de l'accident, le train était assuré par l'autorail X 73811. Il s'agit d'un engin diesel mono-caisse appartenant à la série X 73500.

Le personnel de bord était composé d'un conducteur, d'un conducteur stagiaire en formation et d'un agent du service commercial. Il transportait 12 voyageurs.

2.5 - Les autorails de la série X 73500

La série X 73500 qui compte 331 unités a été mise en service de 1999 à 2004 en vue de moderniser la desserte des petites lignes, dans le cadre des conventions de transport express régional (TER) qui se mettaient en place à cette époque.

Définis en lien avec les autorités organisatrices régionales, les X 73500 sont des engins diesel mono-caisse d'une capacité de 48 à 64 places assises ce qui en fait les plus petits matériels à voyageurs modernes circulant sur le RFN. À ce titre, ils ont vocation à circuler sur les lignes les moins chargées du réseau. Ils sont couplables jusqu'à trois unités pour assurer les dessertes où une capacité plus importante est nécessaire.



Figure 7 : Autorail de la série X 73500

Leur masse de 50 T en ordre de marche se situe dans la moyenne des engins de cette catégorie

Le freinage est assuré par un ralentiisseur hydrodynamique et par le frein électropneumatique ferroviaire classique. Ce dernier est réalisé seulement par des freins à disques ; contrairement aux matériels plus anciens, il n'y a pas de semelles agissant sur les tables de roulement des roues.

Rapidement après leur mise en service ces autorails ont occasionné une augmentation des cas de déshantage à certaines époques de l'année, essentiellement sur les circuits de voie de pleine ligne de type UM 71².

Ce problème a conduit la SNCF à expérimenter sur eux divers dispositifs mécaniques ou électriques d'aide au shunting. Au final, ils ont été équipés d'une boucle inductive d'aide au shunting (BIAS) dont le fonctionnement est continûment contrôlé.

Cet équipement ainsi que les améliorations apportées à certains circuits de voie ont permis d'autoriser ces engins à circuler sur l'ensemble du RFN. Toutefois, comme la plupart des matériels automoteurs diesel, il est classé dans la catégorie A de l'IN 1575³ qui couvre « les circulations légères vis-à-vis de laquelle des déshuntages brefs intermittents sont possibles ». À ce titre sa circulation dans les zones de postes d'aiguillage à commandes d'itinéraires est soumise à des précautions particulières. .

2 Voir chapitre 3.

3 IN 1575 : « Circulations susceptibles de ne pas assurer le bon fonctionnement des circuits de voie »

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages

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

3.1.1 - *Les déclarations du conducteur du train*

Lors de la conduite du train n° 859100 par le stagiaire, en arrivant à Sainte-Pazanne nous rencontrons la signalisation suivante :

- au Signal n° 324 : Rappel de ralentissement à 30 et Avertissement ;
- au signal n° 320 : Feu blanc.

Le train est dirigé vers la voie 4.

Nous franchissons l'aiguille n° 310 qui donne la direction de gauche à 27 km/h et, peu après, nous ressentons un roulement anormal. Arrêt immédiat au PK 26,850 à 5h42.

En regardant par le fenêtre, je constate le déraillement du bogie arrière du train.

Je demande la protection à l'AC de Sainte-Pazanne. Elle est accordée à 5h 43.

J'avise l'agent de train pour qu'il informe les voyageurs.

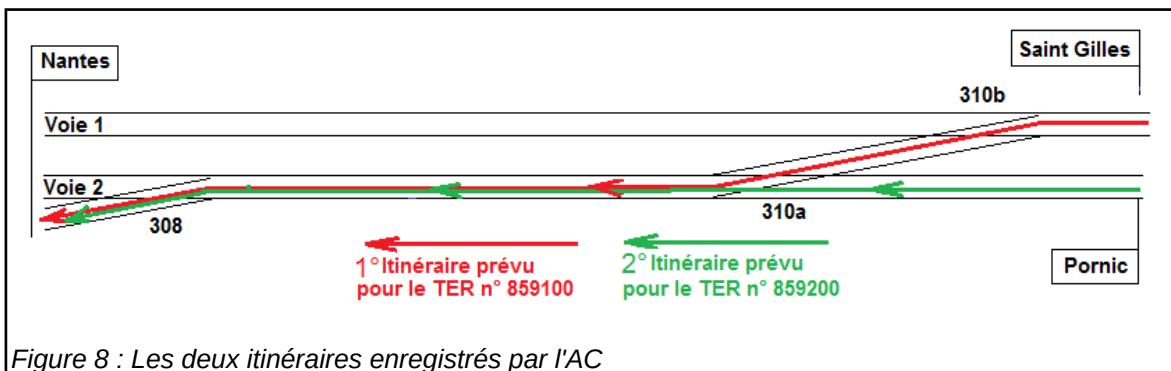
À 6h 08, je transmets une demande de secours à l'AC.

3.1.2 - *Les déclarations de l'agent circulation de Sainte-Pazanne*

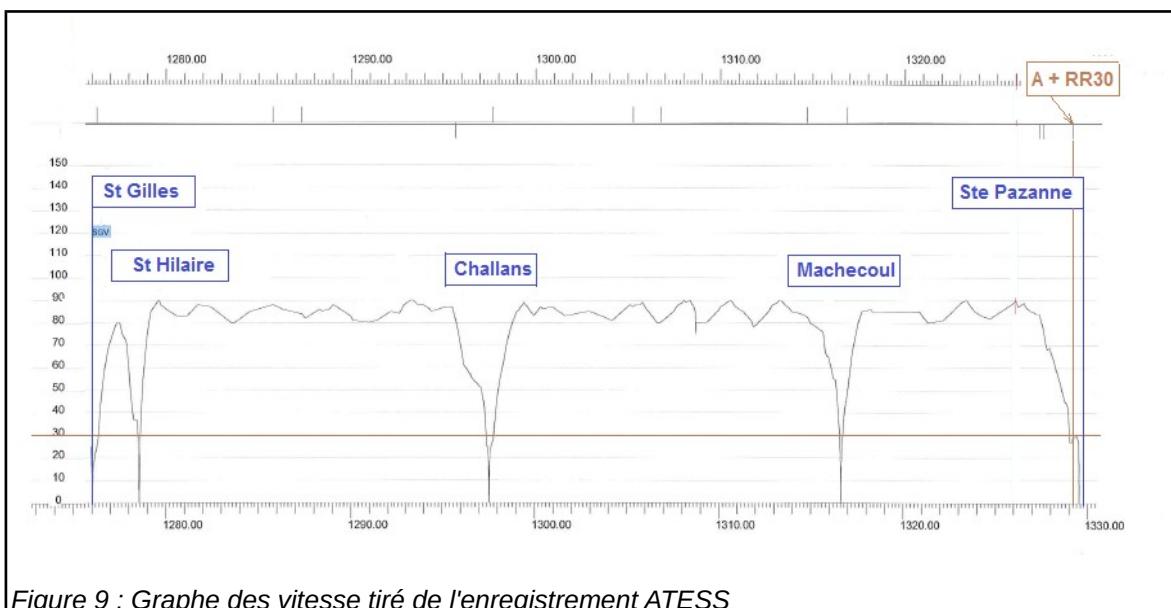
Pour la réception des trains n° 859100 puis 859200 pour accroche et départ pour Nantes prévu à 5h 52, je trace l'itinéraire 324 - 306 [*de la voie Saint-Gilles vers la voie 4*] qui se forme et s'établit puis l'itinéraire 322 – 306 [*de la voie Pornic vers la voie 4*] en commande.

Lors de l'entrée du 859100, la sonnerie de discordance se déclenche et le conducteur m'annonce qu'il a déraillé sur la traversée 310a/b. J'identifie que la discordance vient de l'aiguille 310a. Immédiatement, je protège la zone du déraillement. Je me rends sur place, je constate que l'aiguille 310a ne colle plus.

Je reviens au poste pour lancer les avis utiles au COGC et aux astreintes Voie et Signalisation.



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



L'examen du graphe et des données enregistrées montre que les limites de vitesses ont été respectées. La décélération pour passer de 80 à 30 km/h à l'approche de la gare de Sainte-Pazanne s'est effectuée normalement en utilisant le frein pneumatique.

La limite de 30 km/h a été respectée à partir du signal portant le rappel de ralentissement (RR30). La vitesse en abordant la communication 310a/b est de 27 km/h.

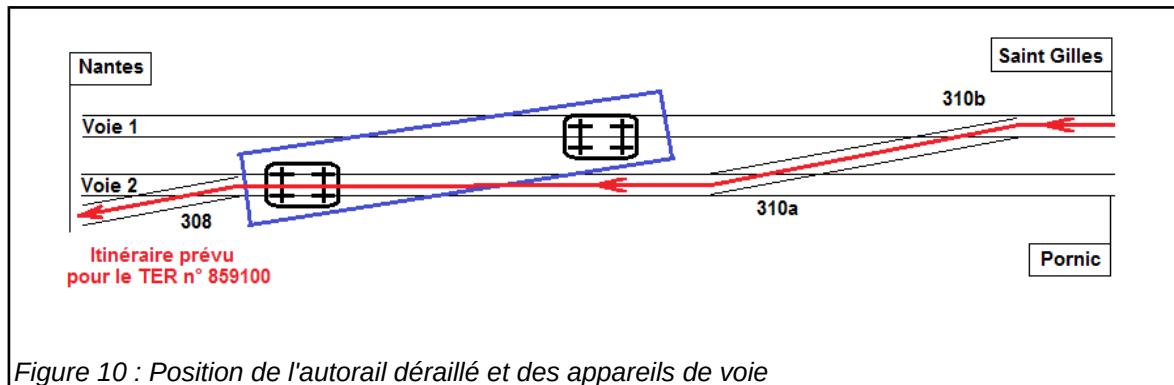
3.3 - Les investigations sur l'autorail accidenté

3.3.1 - Les constats sur l'engin

Lors de l'examen de la cabine en service lors de l'accident, aucune anomalie n'est détectée. Notamment, le commutateur d'isolement de la boucle inductive (BIAS) est en position normale et plombé.

Le bogie n° 1 en tête du mouvement se trouve sur la voie 2 entre l'aiguille 310a et l'aiguille 308. Il n'a pas déraillé.

Le bogie n° 2 a déraillé des deux essieux vers la gauche et se trouve sur la voie 1, au-delà de l'aiguille 310b. Les deux roues de droite sont entre les deux rails de la voie 1 et les roues de gauche dans l'entre-voie.



On observe des avaries aux organes mécaniques limitant la rotation du bogie arrière, telles que butées et amortisseurs anti-lacet.

À l'examen des tables de roulement du bogie avant, on relève la présence d'une salissure noire sur l'ensemble de la circonference des quatre roues. Le bogie arrière ayant roulé dans le ballast ne présente pas le même aspect.



Figure 11 : Différentes vues des roues du bogie avant

Le bon fonctionnement de la boucle inductive d'aide au shunting (BIAS) a été vérifié sur site, immédiatement après l'accident, et confirmé le 14 octobre par des mesures de tension induite qui ont donné des résultats compris entre 3,75 et 4,83 V pour un minimum de 3 V.

De même les vérifications des graisseurs de boudins et des sablières ont montré des débits et des orientations conformes aux normes.

3.3.2 - L'examen des données de maintenance

Le plan de maintenance préventive est respecté avec notamment, pour ce qui concerne les opérations en lien avec le shunting :

- un ECBAl le 9 octobre pour une périodicité de 8 jours ;

- un EMN le 3 septembre pour une périodicité de 56 j ;
- un EMN-ATS1 le 9 juillet pour une périodicité de 111 j ;
- un module de sécurité MS 001 le 25 juin pour une périodicité de 14 mois ;

Concernant la maintenance corrective, la seule intervention concernant des organes ou des systèmes potentiellement en lien avec l'événement est l'intervention sur la boucle inductive d'aide au shuntage le 14 mars 2015, suite à la défaillance de cet organe constatée la veille à la sortie du dépôt de Nantes Blottereau et ayant occasionné la suppression du train n° 859111. Après la réparation, aucun dysfonctionnement de la BIAS n'a été signalé.

3.4 - Les investigations sur la voie

3.4.1 - *Les constatations sur la voie*

L'aiguille 310a est positionnée à droite. Elle présente des traces de talonnage, le demi-aiguillage de droite est faussé.

L'aiguille 310b est positionnée à droite et n'est pas avariée. Les traces de déraillement commencent au-delà du croisement.

La table de roulement des rails présente un aspect propre mais on observe quelques dépôts très ponctuels de salissure noire. Les expertises évoquées plus avant confirmeront que ces salissures sont de même origine que celles observées sur les roues de l'autorail.

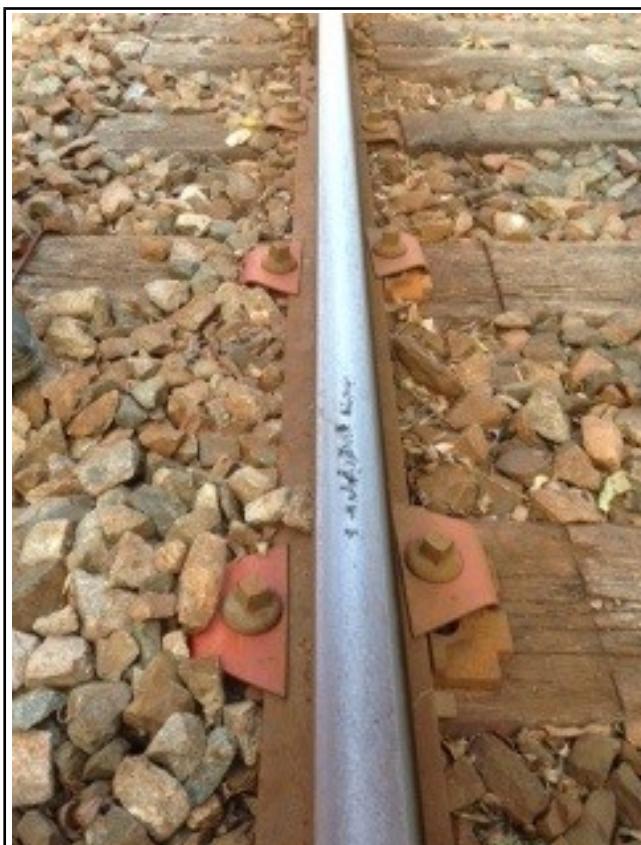


Figure 12 : Salissure ponctuelle du rail

3.4.2 - La recherche de l'origine des salissures

Expertise des salissures prélevées

Des échantillons de ces salissures ont été prélevés sur les roues et sur la voie et expertisés par l'Agence d'Essais Ferroviaire et par le laboratoire d'essais de l'Infra.

Les mesures des caractéristiques électriques ont montré le caractère isolant des échantillons avec une résistance de plusieurs mégohms et une tension de claquage de 340 V pour une épaisseur de 130 microns. Ces caractéristiques permettent de provoquer le déshantage, y compris sur des CDV de type ITE dont la tension de crête est de l'ordre de 100 V.

Les expertises physico-chimiques ont permis de conclure que les échantillons prélevés sur le rail et sur les roues sont de même nature. Ils sont essentiellement d'origine minérale (quartz et oxydes de fer) sans aucune matière organique. Notamment, la comparaison avec les huiles de graisseurs de boudins utilisés sur le matériel roulant a donné des résultats négatifs.

Lors de la visite de la voie, effectuée le 23 décembre entre Challans et Sainte-Pazanne, par les experts Rail de SNCF Réseau, il n'a pas été détecté sur le champignon du rail de traces de calamine permettant de soupçonner un mauvais décalaminage du rail en usine.

En revanche, ils ont observé sur la table de roulement, la présence de rouille en quantité significative malgré le passage de 5 trains dans la matinée dont le dernier 1h30 avant la visite. Cette oxydation a nécessité un brossage vigoureux à la brosse métallique pour être éliminée.

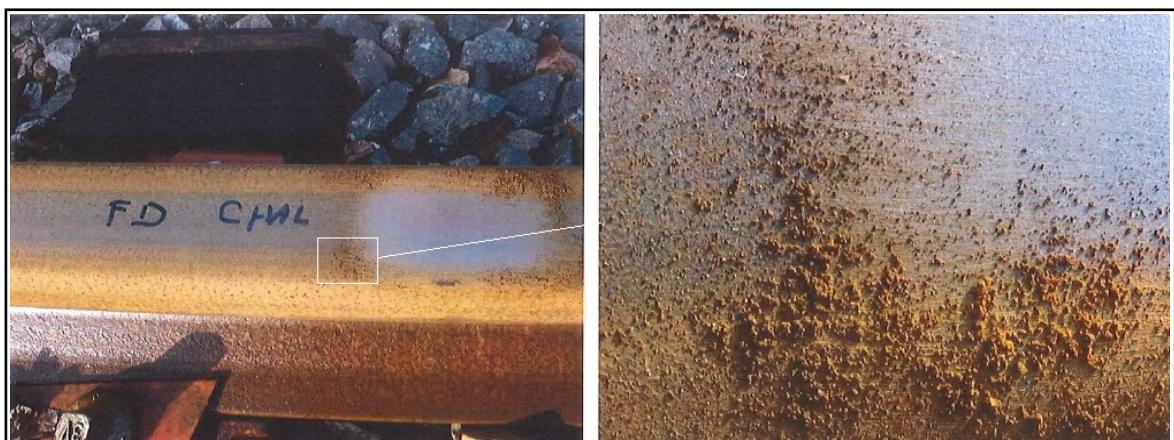


Figure 13 : Oxydation de la table de roulement

Les travaux de voie dans le secteur

L'hypothèse a été émise que ces salissures puissent être en lien avec des travaux de voie réalisés récemment en gare de Sainte-Pazanne ou à proximité :

- Travaux de modernisation en gare de Sainte-Pazanne de fin 2014 à début 2015. À noter que la zone 325 n'est pas concernée par ces travaux ;
- Travaux de renouvellement complet sur Sainte-Pazanne – Saint-Gilles et Sainte-Pazanne – Pornic avec réouverture de la ligne fin août 2015.

À l'issue des travaux de renouvellement, il n'a pas été effectué de meulage ni de brossage de l'ensemble des tronçons concernés, ces opérations n'étant obligatoires que dans les zones de CDV.

Origine des salissures

À ce stade, il est établi que les salissures noires constatées sur les roues de l'autorail et sur le rail sont de même nature et il est probable qu'elles proviennent de la voie ou de son environnement mais leur origine exacte n'est pas déterminée.

Il est également établi qu'elles ne proviennent pas de la gare de Sainte-Pazanne mais qu'elles se sont accumulées sur les roues au fil des kilomètres jusqu'à former une couche isolante quasi continue.

Il est probable que l'oxydation superficielle des rails n'ayant pas fait l'objet d'un meulage ou d'un brossage en dehors des zones de gare et de PN après les travaux de renouvellement des voies soit à l'origine de ces salissures mais sans certitude.

3.5 - Les investigations sur les installations de sécurité

3.5.1 - *Les vérifications sur les installations de sécurité*

Le jour même de l'accident, les paramètres électriques des circuits de voie (CDV) 325 et 332 ont été mesurés et ont été trouvés conformes aux valeurs relevées lors de la dernière maintenance en juin 2014.

Ensuite, il a été procédé à une vérification du bon état et du bon fonctionnement des CDV, des relais et du câblage des zones 325 et 332. Ces vérifications n'ont pas permis de mettre en évidence d'anomalie dans l'état, les réglages et le fonctionnement des installations.

Les équipements des CDV 325 et 332 ont été démontés et expertisés.

3.5.2 - *Examen des données enregistrées par le poste d'aiguillage*

La configuration des zones de CDV et des pédales concernées en amont du point de déraillement est la suivante.

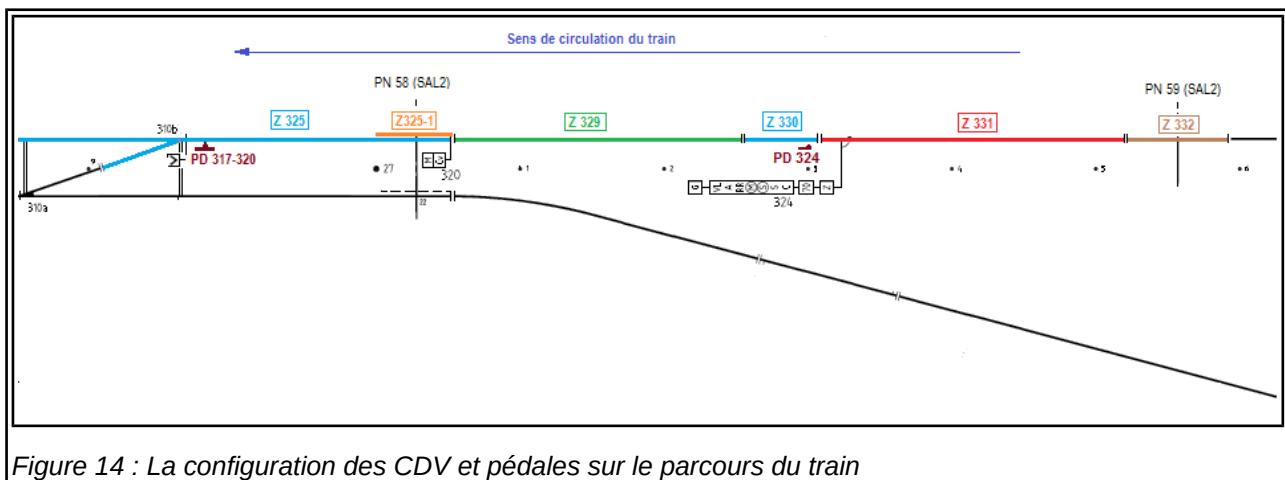


Figure 14 : La configuration des CDV et pédales sur le parcours du train

Les événements enregistrés par le poste font l'objet du tableau simplifié ci-dessous. Le tableau complet est donné en annexe 2.

Préparation des itinéraires :

5H32'45"	l'AC trace l'itinéraire 324 / 306 (St GILLES - Ste PAZANNE Voie 4) en destruction automatique pour le train n° 859100
5H32'48"	l'AC enregistre l'itinéraire 322 / 306 (PORNIC - Ste PAZANNE Voie 4) en destruction automatique pour le train n° 859200

Arrivée du train n° 859100 :

Heure	Événement	Position du 1 ^{er} essieu (par rapport à la pointe de l'aiguille 310b)
5H40'6"	RV ⁴ 332 bas (zone courte PN59) KM 27+590	
5H40'7"	RV 332 haut pendant 0,4 s	600 m avant
5H40'7"	RV 332 bas	
5H40'12"	RV 331 bas	
5H40'15"	RV 332 haut	
5H40'36"	RV 330 bas (Zone en aval du C324)	
5H40'39"	RV 331 haut	
5H40'44"	RV 329 bas	
5H40'46"	Actionnement pédale de DA (PD 324)	
5H40'51"	RV 330 haut	
5H41'04"	RV 325 et 325-1 bas	
5H41'05"	RV 325-1 haut pendant 0,6 s	90 m avant
5H41'06"20'	RV 325-1 haut pendant 0,4 s	80 m avant
5H41'11	Actionnement pédale d'annonce paire V1 PN 57	
5H41'13"	RV 329 haut	
5H41'15"	RV 325-1 haut (sortie de zone courte PN 58)	
5H41'16"	RV 325 haut pendant 0,7 s	10 m avant
5H41'16"20	Actionnement pédale 317-320	8 m avant
5H41'16"90	Commande de l'aiguille 310 b	3 m avant
	Translation de l'aiguille 310b pendant 4 s	
5H41'21"00	Aiguille 310b contrôlée à droite	15 m après

On observe des remontées fugitives des relais des CDV 332 et 325.1 qui couvrent respectivement les zones courtes des PN 59 et 58 situés environ 600 m et 100 m en amont du lieu du déraillement.

Ces remontées n'ont pas eu de conséquence, compte tenu du temps de réaction des mécanismes des barrières de PN.

En revanche, la remontée intempestive du RV du CDV 325 a libéré la chaîne de transit de l'itinéraire 324 / 306 du train n° 859100. Ensuite, lorsque la pédale de destruction

4 Relais de voie (voir art 2.5)

automatique 317-320 a été actionnée, l'itinéraire 322 / 306 enregistré pour le train suivant s'est établi, commandant le renversement des aiguilles 310a et b.

L'aiguille 310b n'a pas eu le temps de tourner avant d'être abordée par le premier bogie de l'autorail qui est parti vers la gauche.

Elle a tourné entre les deux bogies de l'engin provoquant le déraillement par bivoie.

Par ailleurs, les données enregistrées par le poste d'aiguillage sur la période du 13 septembre au 12 octobre ont été analysées par les experts de SNCF Réseau. Ces analyses ont montré un fonctionnement normal du poste d'aiguillage mais elles ont permis de détecter un déshuntage de 2,6 s de la zone 332. Ce déshuntage a eu lieu le 17 septembre lors du passage du TER 859103, assuré par l'automoteur à grande capacité (AGC) X 76777.

3.6 - Mesures à prendre vis-à-vis des circulations de catégorie A

Le référentiel DC 1556⁵ prévoit que, sur les postes à commandes d'itinéraires, il est interdit d'enregistrer un itinéraire incompatible avec un itinéraire établi pour une circulation de catégorie A⁶ dont font partie les autorails X 73500.

Il précise qu'avant de commander l'itinéraire suivant, l'aiguilleur doit s'assurer que les contrôles des zones de l'itinéraire parcouru indiquent la libération pendant plus de 5 secondes.

Il prévoit toutefois que les consignes locales puissent prévoir des dispenses à cette règle pour des itinéraires désignés.

C'est le cas pour la gare de Sainte-Pazanne depuis le 16 février 2012, date à laquelle la nouvelle édition de la consigne d'établissement S6A n° 4 généralise la dispense à tous les itinéraires des postes situés sur le territoire de l'établissement Infra-Exploitation Pays de Loire (EIC PDL), sauf exception pour d'éventuels itinéraires peu empruntés.

3.7 - Conclusions sur les causes immédiates du déraillement

Il est clair que les aiguilles conjuguées 310a et 310b étaient d'abord correctement positionnées à gauche pour former l'itinéraire prévu pour le TER n° 859100, que le premier bogie a pris la bonne direction vers la voie 2. Ensuite, avant que le deuxième bogie n'aborde la communication, les aiguilles ont toutes les deux tourné à droite envoyant d'une part le bogie arrière vers la voie 1, ce qui a causé son déraillement par bivoie et occasionnant d'autre part le talonnage de l'aiguille 310a par le bogie avant.

Les résultats de ces vérifications, le constat d'une succession d'anomalies plus ou moins fugitives affectant 3 CDV différents au passage du train, la présence d'une pollution isolante en quantité importante sur les tables de roulement des roues de l'autorail permettent de conclure que la première cause de l'incident est un déshuntage sur la zone z 325 équipée de CDV de type ITE.

Compte tenu de la temporisation de 2 s du relais de voie concerné, la remontée de 0,7 s de ce relais correspond à un déshuntage de 2,7 s.

La deuxième cause est l'enregistrement d'un itinéraire incompatible en présence d'une circulation relevant de la catégorie A. Ceci est contraire au principe édicté par l'IN 1556 mais couvert, pour la gare de Sainte-Pazanne, par la dispense évoquée ci-dessus.

5 DC 1556 : Consigne Générale S6 A 4

6 Circulations susceptibles de ne pas assurer le bon fonctionnement des CDV (voir art 2.4).

Ces deux causes correspondent à des problématiques qui sont approfondies dans les deux chapitres suivants.

3.8 - La problématique générale du déshuntage des circuits de voie

3.8.1 - La détection de présence des mobiles

Dans le cadre d'une exploitation ferroviaire moderne, la sécurité des circulations repose notamment sur les systèmes de localisation des mobiles qui doivent donc présenter un très haut niveau de sécurité et de disponibilité.

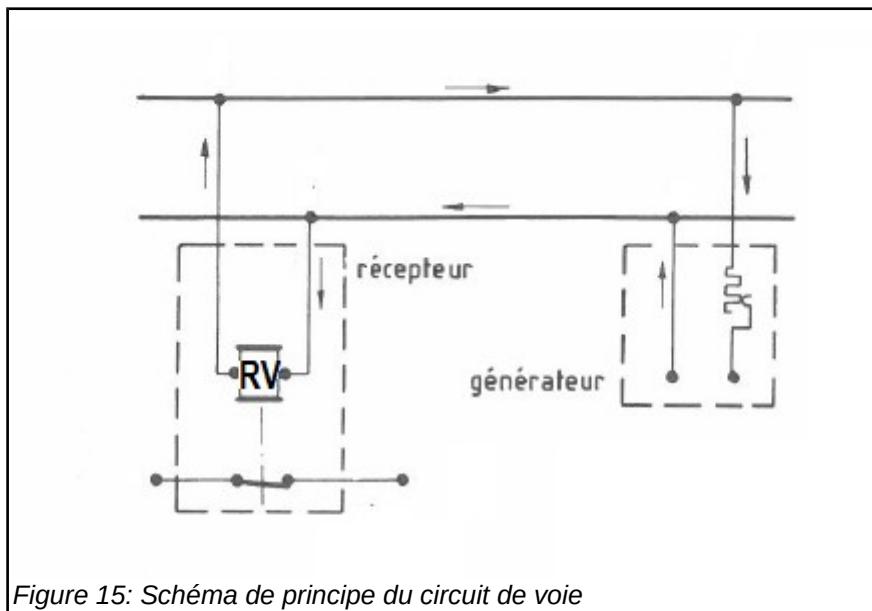
Jusqu'à présent, cette localisation repose sur le découpage du réseau en tronçons, appelés cantons ou zones, équipés chacun de systèmes de détection de présence des mobiles.

Il n'existe actuellement que deux systèmes techniques pour assurer cette détection :

- les circuits de voie (CDV) ;
- les compteurs d'essieux (CE).

Chacun a ses avantages et ses inconvénients. Tous deux sont utilisés dans l'ensemble des réseaux modernes dans des proportions variables. En France, la préférence a été donnée très largement dès le début du XX^e Siècle à l'équipement en CDV qui sont aujourd'hui au nombre de 65 000 contre 500 CE.

Les deux systèmes ont été progressivement perfectionnés pour présenter un haut niveau de sécurité et de disponibilité mais aucun ne peut garantir une sécurité absolue.



Les CDV sont plus simples et donc plus fiables. Ils permettent la détection et la protection automatique des ruptures de rails, la protection rapide des obstacles et des chantiers par utilisation d'une barre de court-circuit ou d'un dispositif équivalent. En revanche, ils sont susceptibles de présenter des dysfonctionnements contraires à la sécurité qui ont fait l'objet de nombreuses mesures techniques et réglementaires pour en limiter la criticité. À ce jour, dans l'historique du RFN, seuls deux accidents graves sont la conséquence avérée d'un dysfonctionnement d'un CDV. C'est le tamponnement de Villefranche-sur-Saône en 1989 dû à une accumulation de sable sous les roues d'un locotracteur qui a fait

deux morts et un blessé et l'accident du PN 40 d'Amilly en 2012 également dû à un déshuntage, qui a fait un mort et trois blessés⁷.

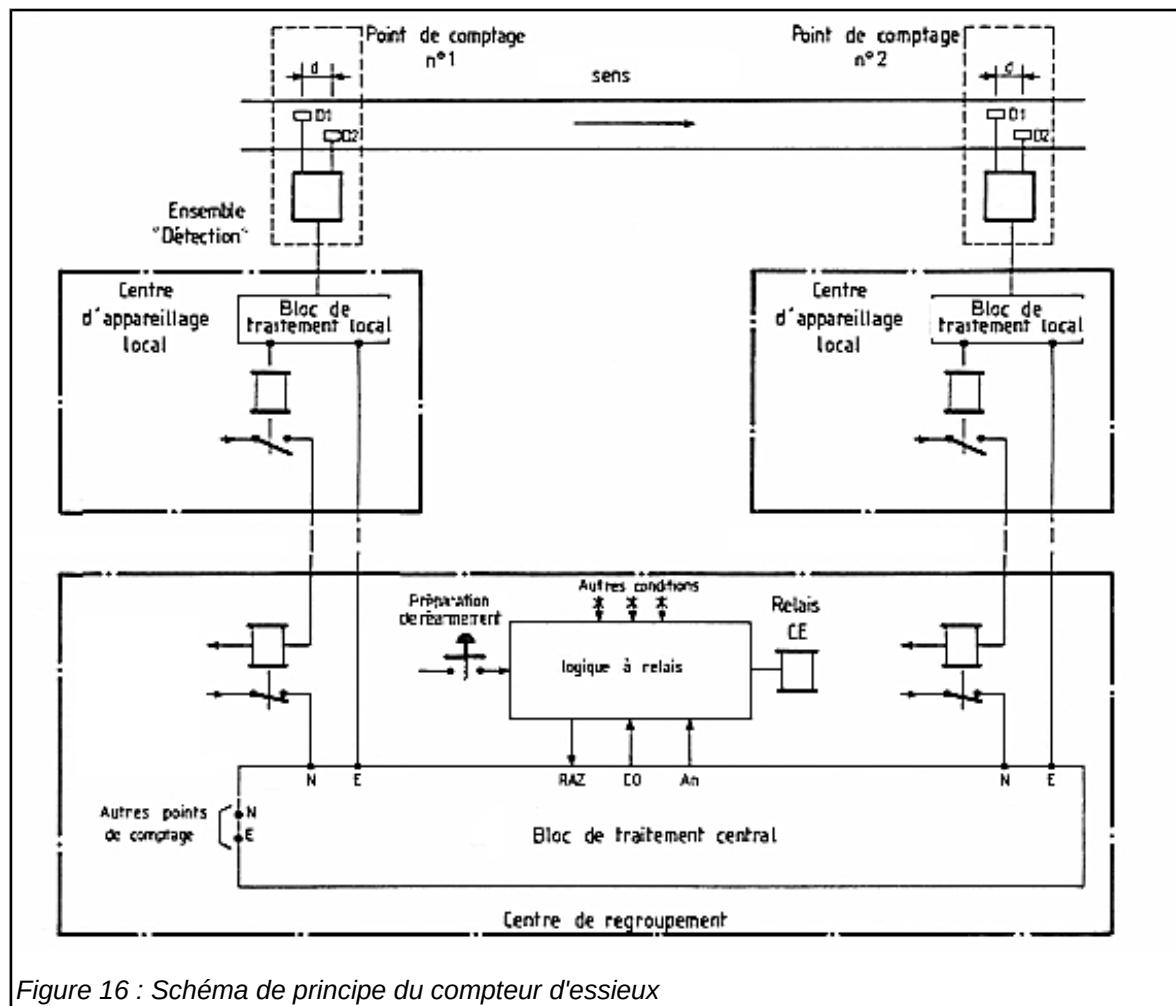


Figure 16 : Schéma de principe du compteur d'essieux

Les CE sont techniquement plus complexes et donc sujets à des dérangements plus fréquents. Ces dérangements peuvent être fugitifs (raté de comptage) ou persistants nécessitant alors l'intervention d'un agent de maintenance. Ces dérangements ne sont très généralement pas « contraires à la sécurité » mais conduisent, pendant un temps plus ou moins long, à des perturbations du trafic puis à une exploitation en mode dégradé dont les implications sur la sécurité ne sont pas à sous-estimer.

Bien que les compteurs d'essieux soient beaucoup moins utilisés que les CDV sur le réseau ferré national, leur implication dans l'accidentologie récente n'est pas négligeable avec notamment le rattrapage de Penguin en 2014 et le nez-à-nez de Saint-Dalmas de Tende qui a fait deux morts et neuf blessés graves en 2003.

Dans les deux cas, il ne s'agit pas d'une défaillance « contraire à la sécurité » du CE mais il n'en demeure pas moins qu'un dérangement réel ou supposé du CE intervient dans la chaîne causale des deux accidents.

⁷ Le déshuntage fait aussi partie des causes possibles de l'accident du PN 291 de Landerneau qui a fait une victime en 2006..

3.8.2 - Les principales causes de défaillances contraires à la sécurité des circuits de voie

Il existe deux causes principales pouvant conduire à une défaillance contraire à la sécurité d'un CDV :

- les courants perturbateurs ;
- les déshuntages.

Le risque de réalimentation des récepteurs de CDV par des courants perturbateurs concerne surtout les lignes électrifiées. Ces courants sont générés soit par les sous-stations alimentant la caténaire soit par les équipements des matériels roulants. Cette problématique, qui a été très aiguë dans les années 1970, est maintenant bien maîtrisée tant au niveau des normes de construction des matériels qu'au niveau des procédures d'essai et d'homologation. Toutefois, le risque existe toujours notamment en cas de dysfonctionnement des équipements de traction des engins moteurs.

Le risque de déshuntage existe essentiellement lorsque la qualité du contact électrique entre les rails et les roues est compromise, soit parce que la pression de la roue sur le rail est faible, soit parce qu'une matière isolante plus ou moins épaisse (sable, rouille, matière organique...) s'interpose entre la roue et le rail, soit une combinaison des deux causes. La tension d'alimentation des CDV varie entre moins de 5 V pour les CDV de type UM 71 et 100 V pour les CDV de type ITE. Les CDV UM 71 sont connus pour être les plus vulnérables au risque déshuntage saisonnier lié à la présence de matière végétale sur les rails ; en revanche, les ITE sont moins sensibles car leur tension élevée est capable de percer la couche isolante si celle-ci n'est pas trop épaisse.

3.8.3 - Les paramètres influant sur le risque déshuntage

La problématique du déshuntage étant aussi ancienne que les circuits de voie, elle a fait l'objet de nombreuses études en France et à l'étranger. À défaut d'avoir parfaitement compris la nature exacte de tous les facteurs physiques impliqués dans le phénomène, les paramètres les plus influents sont maintenant bien connus.

Les principaux paramètres en lien avec le matériel roulant

- *la charge à l'essieu.* Les matériels roulants les plus légers, draisines, locotracteurs et autorails légers ont rapidement été identifiés comme susceptibles d'occasionner des « ratés de shunt » et ont été équipés des premiers équipements d'aide au shuntage sous forme de frotteurs.
- *le mode de traction.* En mode électrique, le retour du courant de traction assure le maintien d'un bon contact électrique entre les roues des engins moteurs et les rails réduisant fortement le risque de déshuntage.
- *le système de freinage.* Le freinage par semelles fonte assure à la fois le nettoyage des tables de roulement et le maintien d'un état de surface favorable au shuntage. Les autres systèmes n'ont pas ces avantages.
- *la qualité de marche.* Les efforts rail-roue et les mouvements parasites du véhicule sont favorables au shuntage.

Les principaux paramètres en lien avec l'environnement

Les phénomènes de déshuntage ont un fort caractère saisonnier marqué avec un maximum en automne, les zones arborées étant les plus touchées. Il est démontré que la présence de feuillus aux abords des voies est une condition défavorable au shuntage. Des actions préventives et correctives de nettoyages des voies sont mises en œuvre dans les zones les plus concernées.

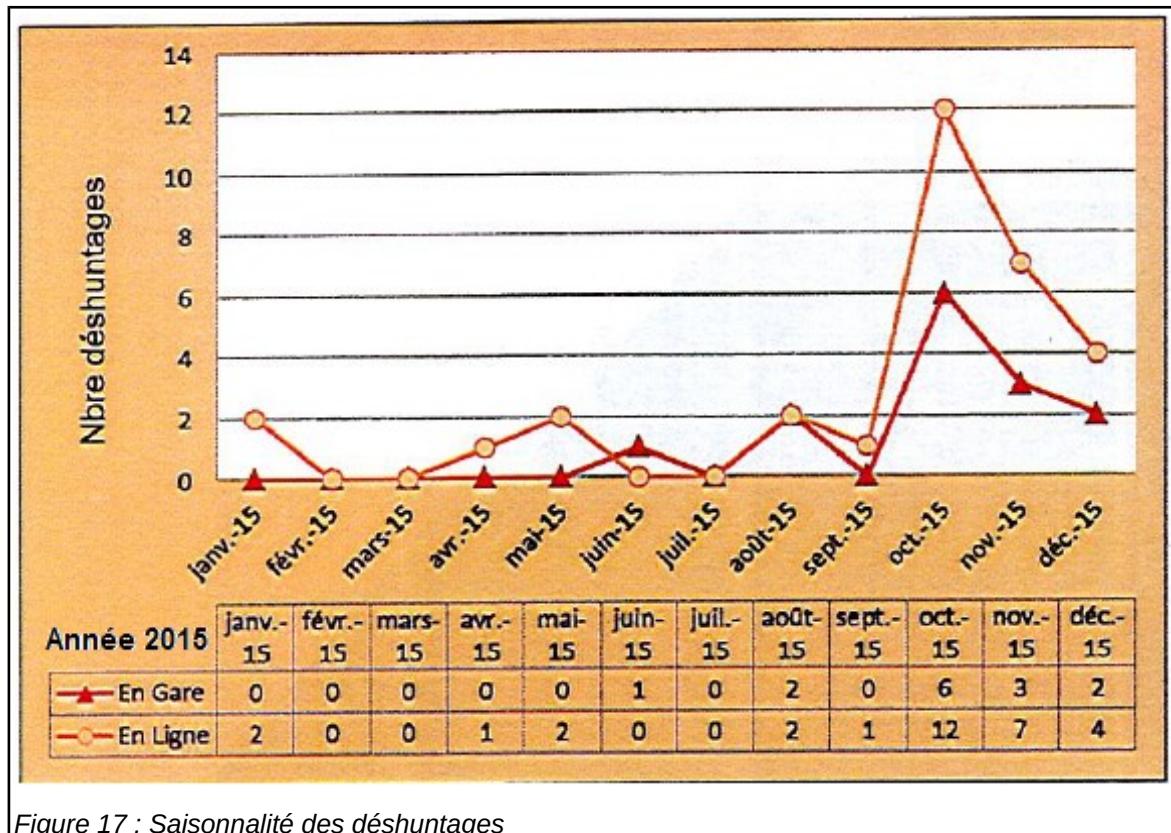


Figure 17 : Saisonnalité des déshuntages

Les principaux paramètres en lien avec le trafic

Globalement, un trafic élevé et varié permet le maintien d'un bon état de propreté du rail et favorise un bon shunting. On admet sur le RFN que le tonnage journalier doit être supérieur à 15 000 tonnes pour qu'une voie ne soit pas concernée par le risque déshantage. A contrario, un trafic faible et réalisé par un seul type de matériel expose à un risque élevé.

3.8.4 - *Le dispositif de veille sur les déshuntages*

La nécessité de surveiller, dans la durée, l'évolution de la problématique des déshuntages et du risque associé, a conduit à mettre en place sur le RFN un dispositif de veille spécifique à la fois qualitatif et quantitatif.

Le dispositif fonctionne et est décrit dans un ensemble de documents.

Toutefois, le document RFN-NG-SE 06 A-00-n° 006 « Prévention des risques de déshantage ; mesures à prendre pour le dispositif de veille » en vigueur depuis mars 2012 s'avère difficilement applicable notamment pour ce qui concerne les prévisions annuelles de trafic et d'affectation des matériels par les entreprises ferroviaires. Il est donc en train d'être rediscuté. Par conséquent, la directive IN 3814 « Veille sur le shunting » qui doit chapeauter l'ensemble du dispositif n'est pas parue.

Les canaux de remontée des informations sur les déshuntages sont multiples :

- les signalements par l'exploitant lorsque le déshantage se traduit par un incident ou par une anomalie visible (extinction d'un voyant, battement de feux...) ;
- les signalements par la maintenance lors du dépouillement des enregistrements des installations de télésurveillance ;

- les enregistreurs de tensions résiduelles mis en place au cas par cas dans les sites nécessitant une surveillance particulière.

Le nombre d'installations sous télésurveillance augmente progressivement et le nombre d'enregistreurs en service et leur positionnement varie d'une année sur l'autre en fonction des besoins.

Quantitativement, le dispositif repose principalement sur deux indicateurs suivis par SNCF Réseau :

- le nombre total de déshuntages qui repose sur un périmètre qui varie avec le nombre d'installations sous surveillance et qui n'est donc pas très fiable ;
- le nombre de déshuntages critiques (voir figures 20 et 21). Ce nombre est fiable mais trop petit pour permettre un suivi statistiquement significatif.

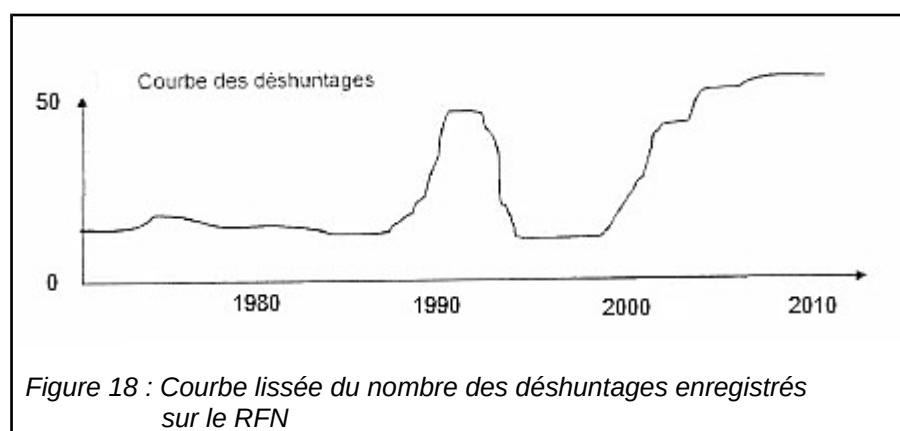
3.8.5 - *L'évolution du risque « déshantage »*

Pour les matériels roulants, la suppression des semelles fonte pour respecter les normes de bruit et l'amélioration de la qualité de marche sont des évolutions inéluctables dont les effets défavorables pour le shantage se sont faits sentir d'abord de 1990 à 1995 en Bretagne, sur les autorails X 2100 lors du remplacement des trains classiques par les TGV-Atlantique, puis à partir de 1999 avec la mise en service des autorails X 73500.

Pour ce qui concerne l'environnement, l'extension des forêts dans certaines régions et l'envahissement des abords des voies par les broussailles constituent une tendance significative sur le long terme.

Enfin la baisse du trafic fret diffus et des trains Corail, freinés fonte, qui assuraient un bon nettoyage des rails est également à prendre en compte.

Bien que les principaux paramètres en lien avec la problématique du shantage évoluent de façon défavorable et pérenne depuis environ 25 ans, les mesures préventives mises en œuvre par la SNCF (renforcement des règles d'homologation des engins, organisation du nettoyage des rails, modification du réglage de sensibilité des CDV...), ont permis de stabiliser le nombre total des déshuntages autour d'une cinquantaine par an⁸.



⁸ Les définitions et le mode de comptage des événements ont changé en 2016. Avec le nouveau mode de comptage, le nombre brut de déshuntages 2015 passe de 46 à 65, le nombre d'événements critiques restant à 6. Toutefois, pour maintenir la cohérence des séries chronologiques, les chiffres cités dans ce paragraphe et ceux figurant dans les graphiques correspondent aux définitions en vigueur jusqu'en 2015.



Figure 19 : Évolution pluriannuelle du nombre brut des déshuntages enregistrés sur le RFN

La plupart des déshuntages (environ 60 %) sont sans conséquence sur le risque ferroviaire car couverts par des mesures techniques (temporisations des relais de voie et de certains enclenchements, sécurisation des annonces aux PN par mise en place de pédales...).

Une autre partie (environ 25 %) est couverte par des mesures d'exploitation telles que celles décrites au paragraphe suivant.

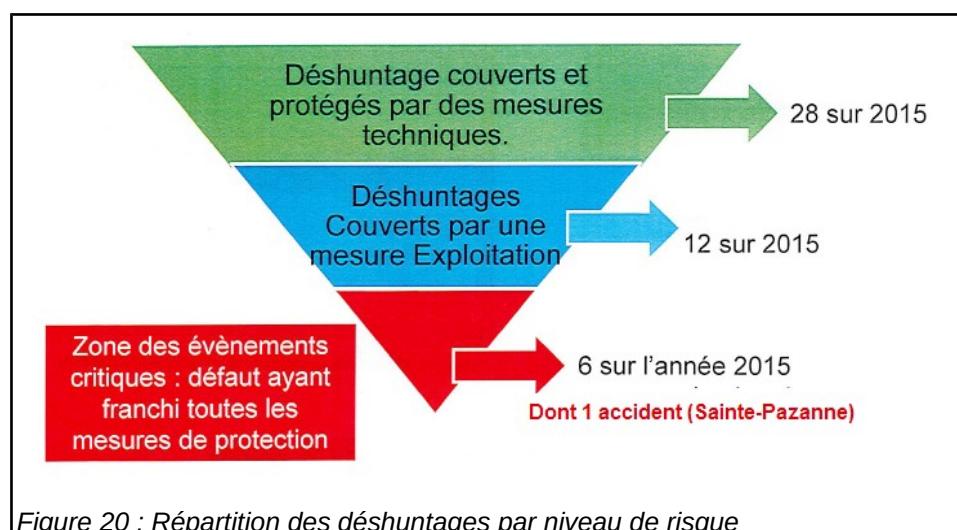


Figure 20 : Répartition des déshuntages par niveau de risque

Le reste (environ 15%) reprend les cas où les différentes mesures de protection ont été mises en défaut et qui sont donc des événements critiques pour la sécurité.

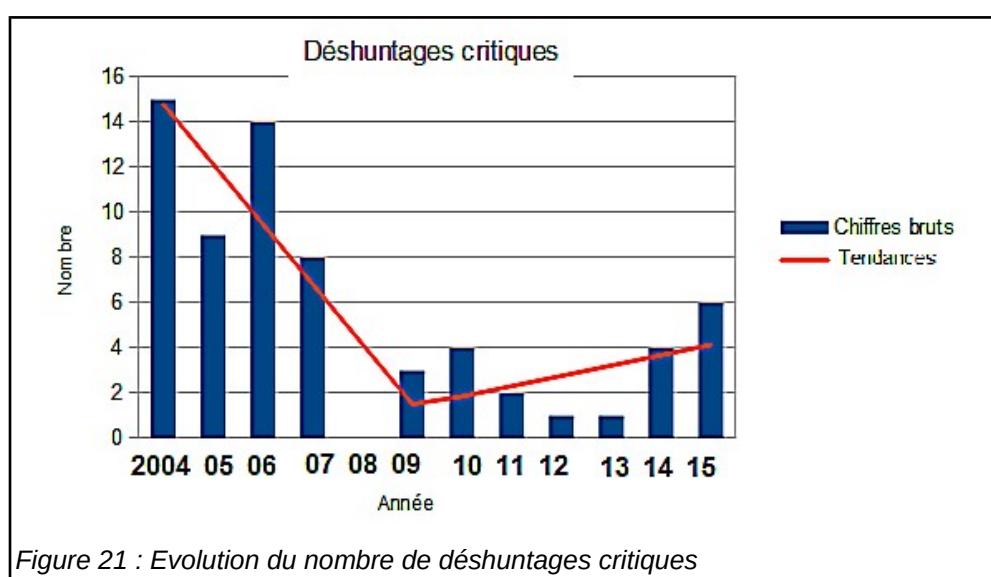


Figure 21 : Evolution du nombre de déshuntages critiques

À l'examen du nombre des déshuntages critiques, des 12 dernières années, il apparaît que, malgré une évolution globalement défavorable des paramètres influents, le risque déshantage a plutôt diminué sur l'ensemble de la période. Toutefois, après une forte baisse de 2004 à 2009, il connaît une légère tendance à la hausse au cours des 7 dernières années.

3.8.6 - *L'évolution par type de CDV*

L'analyse du REX effectuée par SNCF Réseau ne distingue pas systématiquement les déshuntages par type de CDV. À la demande du BEA-TT, le type de CDV concerné a été recherché sur tous les déshuntages critiques de la période 2004 - 2015.

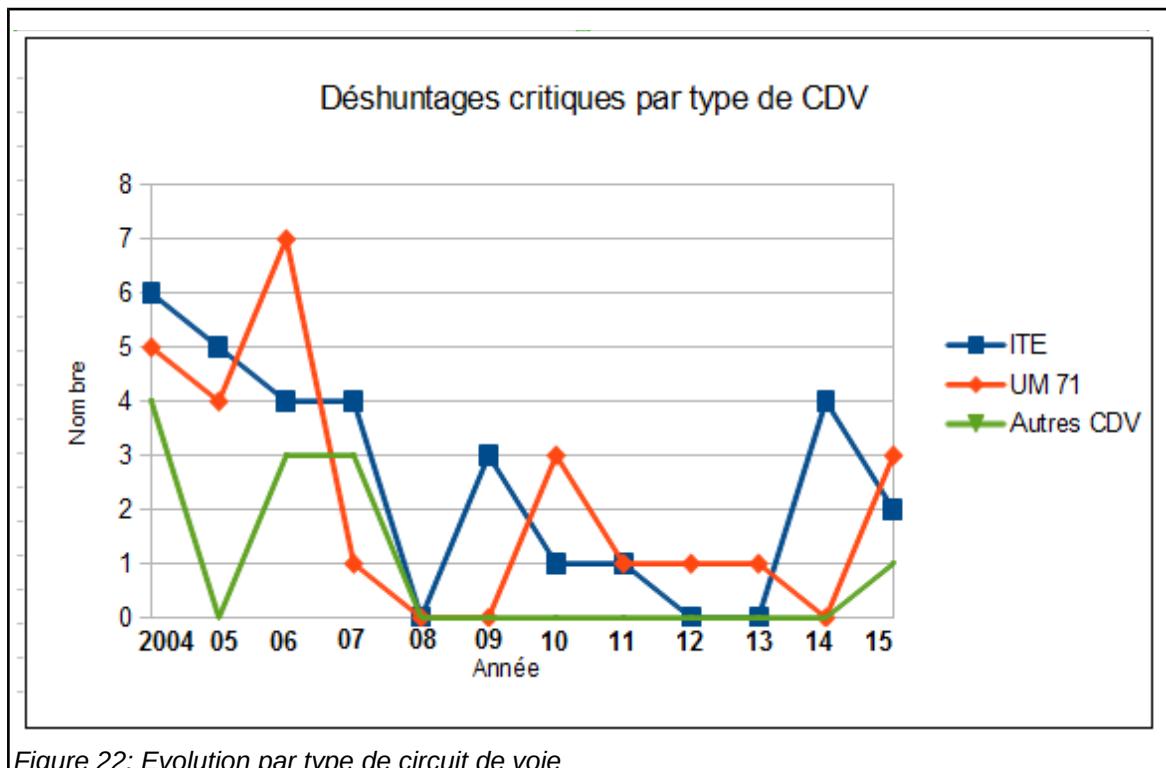


Figure 22: Evolution par type de circuit de voie

Sur la totalité de la période, il apparaît que les CDV ITE représentent 45 % du total alors que les UM71 représentent 39 %.

Sur la période 2008-2015, ces proportions sont respectivement de 52 % et de 48 %.

Ces chiffres ne visent pas à comparer la fiabilité des ITE et des UM71 car ces CDV sont utilisés dans des conditions différentes et dans des fonctions différentes. Ils visent simplement à estimer leur part dans le risque « déshantage ».

3.9 - **Les facteurs en lien avec la gestion des circulations**

3.9.1 - *Les catégories de circulations*

De tous temps, un certain nombre de types de matériels roulants a eu, de façon permanente (matériels légers ou à très grand empattement...) ou temporaire (engins prototypes ou en essai...), des caractéristiques ne garantissant pas un fonctionnement normal des circuits de voie.

Le référentiel IN 1575 « Circulations susceptibles de ne pas assurer le bon fonctionnement des circuits de voie » classe ces circulations en trois catégories :

- **La catégorie A** : ce sont essentiellement des circulations légères susceptibles de déshuntages brefs intermittents. Dans cette catégorie, on trouve tous les autorails et la plupart des automoteurs thermiques, les locotracteurs, et les engins légers de maintenance de l'Infrastructure.
- **La catégorie B** : ce sont les circulations comportant au moins un véhicule de grand empattement (supérieur à 22,5 m) qui risquent donc de déshunter un circuit de voie court.
- **La catégorie C** : elle concerne les circulations présentant un risque de déshuntages prolongés. On trouve dans cette catégorie les matériels prototypes n'ayant pas encore démontré leur aptitude au shunting et leur innocuité vis-à-vis des perturbations des CDV. Également, sont classées temporairement dans cette catégorie les circulations parcourant une zone ayant donné lieu à un déshantage intempestif, jusqu'à ce que les dispositions techniques idoines soient prises.

Les catégories B et C impliquent des mesures de sécurité très contraignantes mais sont marginales en nombre. En revanche, la catégorie A concerne des familles de matériels très nombreuses avec près de 1500 unités.

3.9.2 - *Les mesures vis-à-vis des engins de catégorie A*

La fiche 103.1 du référentiel DC 1556 énonce que, pour les postes d'aiguillage à commande d'itinéraires (comme le PAI de Sainte-Pazanne), « il est interdit d'enregistrer un itinéraire incompatible ou de sens contraire avec l'itinéraire établi pour la circulation de catégorie A. »

Cette mesure vise à éviter qu'un déshantage de courte durée provoqué par la circulation de catégorie A permette la destruction automatique de son itinéraire et l'établissement d'un itinéraire incompatible.

Dans les gares à forte densité de trafic cette mesure est contraignante car elle augmente la charge de travail de l'aiguilleur et diminue le débit et la fluidité des circulations. Elle est inutile sur les itinéraires normalement circulés car le rail y est propre et donc le risque de déshantage est très faible.

Il est donc légitime de considérer que dans de tels cas la mesure prévue par la fiche 103.1 puisse être globalement contre productive.

C'est pourquoi les référentiels IN 1556 et 1575, précisent que, sous certaines conditions portant sur la propreté de la bande de roulement des rails, certains parcours repris dans une consigne locale S6A n° 4 peuvent être dispensés de l'application de cette mesure.

Ces référentiels ne précisent pas le processus à mettre en oeuvre pour la délivrance de telles dispenses⁹ et laissent la décision au niveau régional et local.

Un comptage effectué fin octobre 2015 a montré que 351 postes ou secteurs circulation appliquaient une telle dispense dont celui de Sainte-Pazanne.

Compte tenu du niveau de trafic de ce dernier, on peut s'interroger sur la pertinence de certaines de ces dispenses.

3.9.3 - *Les conséquences du déploiement des postes à enregistrement*

⁹ Dans la suite du rapport, le terme « dispense » signifie « dispense de mise en œuvre des dispositions concernant les circulations de catégorie A ».

Jusqu'en 2010, la gare de Sainte-Pazanne était dotée d'un poste mécanique datant de 1925. Sur ce type de poste, l'enregistrement des itinéraires n'est pas possible et l'accident du 12 octobre n'aurait pas eu lieu.

Depuis cette date, elle est dotée d'un poste d'aiguillage informatisé (PAI).

Compte tenu du faible trafic de la gare, la fonction d'enregistrement n'est pas utile mais elle est disponible systématiquement sur les postes modernes car ils sont conçus pour être utilisés dans tout type de gares et pouvoir être ultérieurement télécommandés.

En outre, pour optimiser les performances du poste, la pédale de destruction automatique (DA) est positionnée très en amont sur les itinéraires et la temporisation des relais de voie est faible. Ceci rend le fonctionnement du poste très sensible à d'éventuels déshuntages.

Pour ne pas utiliser la fonction d'enregistrement, l'aiguilleur est amené à effectuer des manipulations supplémentaires qui complexifient ses tâches.

Pour que la modernisation du poste ne se traduise pas par un surcroît de travail de l'aiguilleur, les établissements peuvent être amenés à délivrer des dispenses S6A n° 4.

De ce fait, le remplacement d'un poste ancien par un poste à enregistrement peut constituer un facteur défavorable vis-à-vis du risque lié aux déshuntages. Or, ce type de poste est appelé à se déployer sur le RFN ; 62 PAI étaient en service au 1^{er} janvier 2016 et 30 autres sont programmés.

Cette perspective est à prendre en compte dans le management des risques liés aux déshuntages. Notamment, une réflexion sur les fonctionnalités de ces postes et sur les conditions du transit dans les petites gares apparaît nécessaire.

3.10 - Les plans d'actions décidés après le 12 octobre 2015

Le traitement des suites de l'accident du 12 octobre s'échelonne en deux phases :

- la phase A, d'une durée d'un mois après l'événement, destinée à identifier, décider et mettre en œuvre les mesures d'application rapide ;
- la phase B d'une durée d'un an après la phase A pour traiter de manière plus large et pérenne la problématique du shantage.

Il s'y ajoute :

- un programme concernant les annonces des PN ;
- un ensemble d'actions de pilotage de la problématique du shantage.

3.10.1 - Les actions de phase A

Après les mesures immédiates portant sur la suspension de la dispense pour les X 73500 sur la ligne de Saint-Gilles-Croix-de-Vie et de Pornic à Nantes (Nantes exclue) et sur la vérification nationale de l'état des tables de roulement des X 73500, les mesures suivantes ont été décidées :

- suppression des dispenses pour tous les X 73500 circulant en unité simple ;
- modification des conditions d'attribution des dispenses et révision de toutes les dispenses accordées. Cette disposition a permis de diminuer de 60 % le nombre de dispenses accordées qui passent de 351 à 145 ;

- vérification systématique tous les 14 jours de l'état des tables de roulement des X 73500 et des automoteurs AGC ;
- rappels aux agents de maintenance de l'infra et aux conducteurs sur la vigilance à avoir sur l'état de pollution du rail.

3.10.2 - *Les actions de phase B*

Ce sont pour l'instant surtout des études et des réflexions visant à améliorer à court et moyen terme la connaissance des risques et des paramètres influents et à optimiser la mise en œuvre des mesures préventives. Elles portent notamment sur :

- des analyses complémentaires du retour d'expérience des déshuntages ;
- les critères d'équipement complémentaire d'annonce des PN ;
- l'amélioration de la connaissance du tonnage réel des lignes ;
- la mise en œuvre des enregistreurs de tensions résiduelles ;
- la cartographie des risques de déshantage d'origine environnementale ;
- l'optimisation du nettoyage des rails ;
- la mise au point d'une boucle inductive d'aide au shunting de nouvelle génération ;
- l'amélioration des procédures et méthodes d'homologation des matériels.

Par ailleurs, à plus long terme, un protocole de coopération a été établi entre l'EPSF, la SNCF, les industriels et l'IRT¹⁰ Railenium ayant pour objectif la mise en œuvre de solutions innovantes pour une détection sûre des trains.

3.10.3 - *Les actions concernant les PN*

Au-delà des actions ci-dessus, qui concernent prioritairement la prévention du risque de déshantage dans les zones de postes, les mesures suivantes concernant les PN ont été décidées :

- interdiction de circulation des X 73500 sur les lignes ayant un tonnage journalier par voie inférieur à 15 000 T et comportant des PN d'un moment¹¹ supérieur à 50 000 non dotés d'équipements complémentaires d'annonce ;
- installation des équipements complémentaires d'annonce sur les PN commandés exclusivement par CDV avec un ordre de priorité tenant compte des trafics ferroviaire et routier.

3.10.4 - *Les actions de pilotage*

Pour piloter l'ensemble des études et des actions en lien avec la problématique du shunting, une organisation ad-hoc a été mise en place. Elle comprend :

- une task force inter-métiers se réunissant toutes les 2 semaines ;
- un comité de pilotage mensuel au niveau des directions de SNCF Mobilités et Réseau ;
- des réunions de suivi avec l'EPSF tous les 3 mois.

3.10.5 - *L'estimation des effets des actions*

¹⁰ Institut de recherche technologique ferroviaire

¹¹ Le moment d'un PN se calcule en multipliant le nombre journalier des circulations ferroviaires par celui des circulations routières.

Les actions de phase A et celles concernant les PN auraient permis d'éviter 5 des 6 déshuntages critiques de 2015.

Le cas non évité concerne la réouverture prématuée d'un PN pendant le passage du train. Ce type d'incident consécutif à un déshantage sur la zone courte du PN présente un risque très réduit et n'a jamais provoqué d'accident.

L'ensemble de ces mesures peut donc, a priori, être considéré comme efficace vis-à-vis des risques liés aux déshuntages. En revanche, ces mesures ont aussi des conséquences significatives sur les plans de transport régionaux avec la suppression d'une cinquantaine de trains par jour, les régions les plus touchées étant celles ayant un parc important d'X 73500.

4 - Restitution du déroulement de l'accident

Le 12 octobre 2015 à 4h55, le TER n° 859100, assuré par l'autorail X 73811, part de Saint-Gilles-Croix-de-Vie en direction de Nantes où il doit arriver à 6h15.

Outre la desserte de toutes les gares du parcours, sa marche prévoit que lors de l'arrêt à Sainte-Pazanne, il attende l'arrivée du train n° 859200 en provenance de Pornic qui doit se raccorder à lui pour un départ à 5h52.

Le parcours entre Saint-Gilles et Sainte-Pazanne se déroule sans incident mais, pendant le trajet, les roues de l'autorail accumulent une pollution présente sur le rail jusqu'à former une couche isolante sur la circonference de la table de roulement qui ne permet pas aux essieux de l'engin d'assurer normalement le shunting des circuits de voie (CDV), y compris les CDV de type ITE qui sont les moins sensibles au risque de déshantage et malgré le fonctionnement normal de sa boucle inductive d'aide au shunting.

À 5h32, l'agent circulation de Sainte-Pazanne commande l'itinéraire de la voie de Saint-Gilles vers la voie 4 pour le train n° 859100 puis enregistre l'itinéraire de la voie de Pornic vers la voie 4 pour le train n° 859200.

À 5h41'05" et 5h41'06", à l'approche de la gare de Sainte-Pazanne, le train provoque deux déshuntages occasionnant la remontée fugitive du CDV 325-1 qui couvre la zone courte du passage à niveau n° 58, sans conséquence.

En revanche 10 secondes plus tard, un déshantage de 2,7 secondes provoque la remontée du CDV 325 qui libère la chaîne transit de l'itinéraire qu'il est en train de parcourir et provoque la commande de l'itinéraire du train n° 859200 et donc le renversement des aiguilles 310a et 310b.

L'aiguille 310b n'a pas le temps de tourner avant d'être abordée par le premier bogie de l'autorail qui part vers la gauche.

Elle tourne entre les deux bogies ; le bogie arrière part vers la droite provoquant le déraillement de l'autorail par bivoie.

Le bogie avant talonne l'aiguille conjuguée 310a qui a tourné en même temps que la 310b.

L'événement n'a fait aucune victime parmi les 12 voyageurs et le personnel du train.

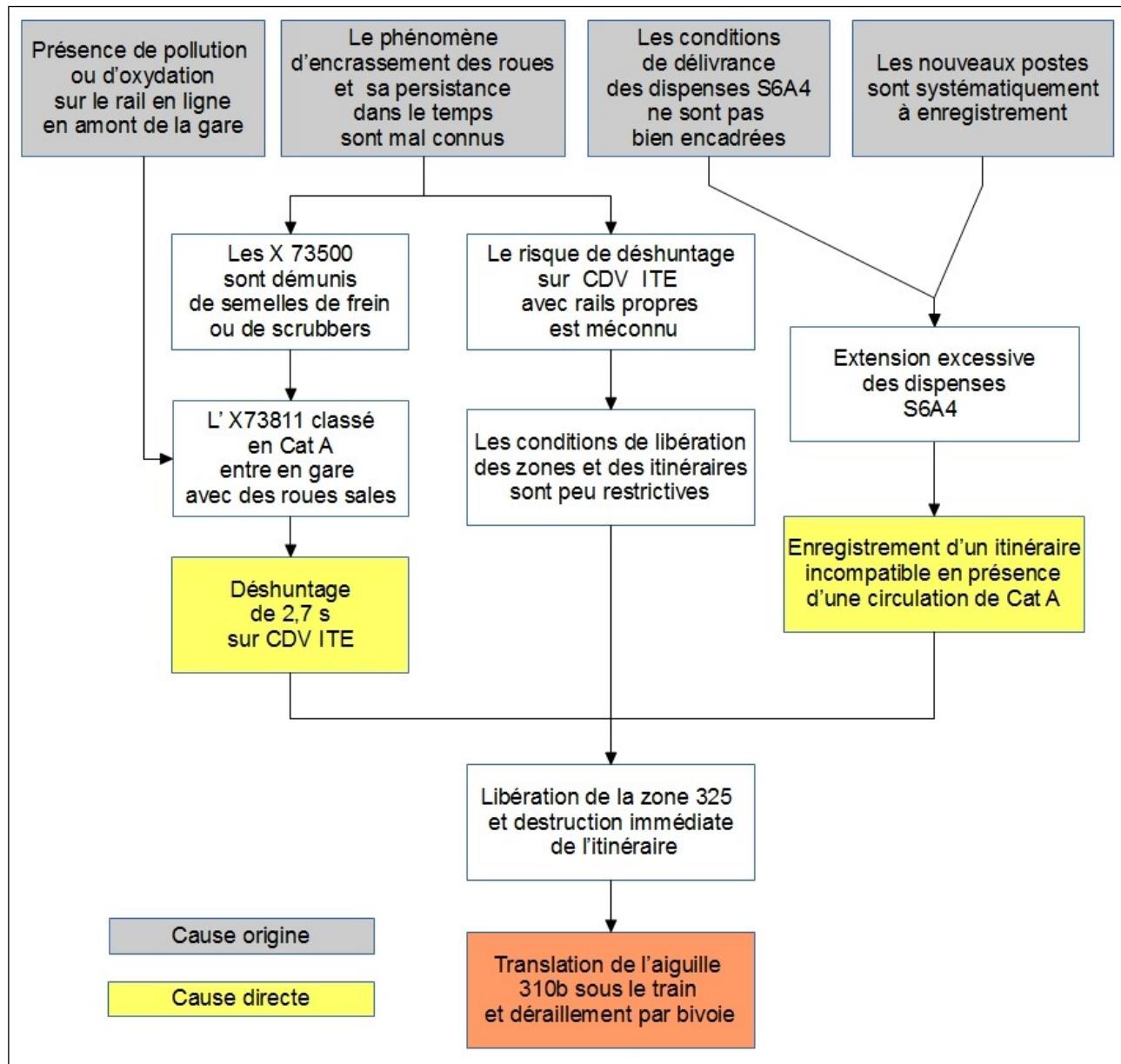
Les dégâts matériels sont limités aux organes de roulement de l'autorail dont le bogie arrière a roulé une trentaine de mètres dans le ballast, à l'aiguille 310a talonnée par le bogie de tête et à la trentaine de mètres de voie 1 parcourue par le bogie déraillé.

L'agent circulation de Sainte-Pazanne prend aussitôt les mesures pour arrêter et retenir les circulations se dirigeant vers le lieu du déraillement et pour figer la situation en vue de l'enquête.

À 6h22, les voyageurs du TER n° 859100 sont évacués du train et amenés en gare puis, à 7h28, ceux du TER n° 859200 arrêté au signal d'entrée de la gare.

5 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

5.1 - L'arbre des causes



5.2 - Les causes de l'événement

Le déraillement par bivoie du TER n° 859100 fait suite à la translation de l'aiguille 310b entre les deux bogies de l'autorail.

Cet événement a été causé d'une part par un déshuntage de 2,7 secondes sur le circuit de voie ITE de la zone 325 et d'autre part par l'enregistrement d'un itinéraire incompatible en présence d'une circulation de catégorie A, autorisé par la consigne S6A n° 4 de l'établissement Infra-Exploitation Pays de Loire.

L'examen de l'arbre des causes conduit à rechercher des voies de progrès dans les domaines suivants en lien avec les causes origine :

- la prise en compte du phénomène d'encrassement des roues ;
- le nettoyage des rails après les opérations de renouvellement de voies ;
- les modalités de délivrance des dispenses S6A n° 4 ;
- la mise en œuvre des postes d'aiguillage modernes.

Par ailleurs, l'enquête a montré que si le risque lié aux déshuntages des CDV UM71 a décru depuis 2004, le risque lié aux déshuntages CDV ITE n'a pas suivi la même courbe et mérite désormais une attention équivalente.

5.3 - La prise en compte du phénomène d'encrassement des roues

Après l'accident, il a été constaté que les tables de roulement de l'autorail X 73811 étaient porteuses d'une couche de salissure noirâtre.

Les mesures des caractéristiques électriques de cette couche ont montré son caractère isolant avec une résistance de plusieurs mégohms et une tension de claquage de 340 V largement suffisante pour provoquer un déshuntage sur des CDV de type ITE dont la tension de crête est de l'ordre de 100 V.

En revanche, les rails en gare de Sainte-Pazanne présentaient un aspect propre sauf très ponctuellement où des dépôts de salissure noire, de même nature que celle constatée sur les roues étaient visibles.

Il est clair que la salissure des rails en gare était trop ponctuelle pour contribuer significativement au déshuntage et donc que celui-ci a été causé uniquement par l'encrassement des roues de l'autorail.

Le lendemain de l'accident, les roues de l'X 73811 présentaient un aspect propre. Les quelques déplacements de l'engin après l'accident ont donc suffi à éliminer l'encrassement en cause.

Également, le 13 octobre, lors de l'examen de 4 autorails du même type (3 à Saint-Gilles et 1 à Sainte-Pazanne) leurs roues ont été trouvées propres sauf une qui présentait de légères traces similaires à celles constatées sur l'X 73811 juste après l'accident.

Il apparaît que le phénomène en cause présente un caractère aléatoire et éphémère qui n'est pas de nature à être détecté par une opération de vérification périodique. L'équipement des X 73500 en scrubbers¹² qui avait été testé puis abandonné en 2009 mérite d'être réexaminé à la lumière de ce REX.

12 Système de nettoyage des tables de roulement des roues

Un tel événement n'a jamais été enregistré sur le RFN. Jusqu'alors les déshuntages sur ITE se sont toujours produits sur des rails manifestement oxydés ou pollués soit par du sable soit par des matières diverses.

Sans exagérer la significativité d'un événement unique, le phénomène d'encrassement des roues et la possibilité qu'il provoque un déshantage sur rails propres est à prendre en compte dans les études et les réflexions relatives à la prévention des déshuntages.

Recommandation R1 (EPSF, SNCF Réseau ; SNCF Mobilités) :

Lancer les études ou les investigations utiles en vue d'améliorer la connaissance du phénomène d'encrassement des roues.

Sans attendre, prendre en compte ce phénomène et la possibilité de déshantage sur rail propre dans les réflexions relatives au risque lié aux déshuntages, y compris sur circuits de voie ITE et examiner la pertinence d'un équipement en scrubbers (ou tout autre équipement de nettoyage des roues) des X 73500.

Prendre en compte les résultats de ces études pour faire évoluer si nécessaire les référentiels d'admission des matériels sur le RFN et au niveau européen, en lien avec l'agence ferroviaire européenne.

5.4 - Le nettoyage des rails après les opérations de renouvellement de voies

L'événement de Sainte-Pazanne a eu lieu 6 semaines après la remise en service de la ligne qui était fermée depuis environ un an pour des travaux de renouvellement de la voie sur les branches Sainte-Pazanne – Saint-Gilles et Sainte-Pazanne – Pornic.

À l'issue des travaux, il n'a pas été effectué de meulage ni de brossage des tables de roulement sur la totalité des tronçons concernés. Seules les zones de circuits de voie ont été traitées conformément au référentiel IN 658 « *Travaux de voie* ».

Lors de la visite de la voie, effectuée le 23 décembre entre Challans et Sainte-Pazanne, par les experts Rail de SNCF Réseau, il n'a pas été détecté sur le champignon du rail de traces de calamine permettant de soupçonner un mauvais décalaminage du rail en usine.

En revanche, ils ont observé sur la table de roulement, la présence de rouille en quantité significative malgré le passage de 5 trains dans la matinée dont le dernier 1h30 avant la visite. Cette oxydation a nécessité un brossage vigoureux à la brosse métallique pour être éliminée.

Les analyses ont établi que les salissures noires constatées sur les roues de l'autorail et ponctuellement sur le rail en gare sont de même nature mais leur origine n'a pas pu être déterminée.

Le BEA-TT considère qu'il est probable que l'oxydation superficielle des rails n'ayant pas fait l'objet d'un meulage ou d'un brossage en dehors des zones de gare et de PN après les travaux de renouvellement des voies soit à l'origine de ces salissures mais sans certitude.

Recommandation R2 (SNCF Réseau) :

Examiner la pertinence de prévoir un nettoyage systématique des rails après renouvellement, y compris en dehors des zones de circuits de voie.

5.5 - Les modalités de délivrance des dispenses S6A n° 4

La fiche 103.1 du référentiel DC 1556 énonce que, pour les postes d'aiguillage à commande d'itinéraires (comme le PAI de Sainte-Pazanne) , « il est interdit d'enregistrer un itinéraire incompatible ou de sens contraire avec l'itinéraire établi pour la circulation de catégorie A. »

Dans les gares à forte densité de trafic cette mesure est contraignante car elle augmente la charge de travail de l'aiguilleur et diminue le débit et la fluidité des circulations.

Sur les itinéraires normalement circulés, le rail est propre et le risque de déshuntage est très faible. Il est donc légitime de considérer que dans de tels cas la mesure prévue par la fiche 103.1 puisse être contre productive tant pour la sécurité que pour la régularité.

C'est pourquoi les référentiels DC 1556 et IN 1575, précisent que, sous certaines conditions portant sur la propreté de la bande de roulement des rails, certains parcours repris dans une consigne locale S6A n° 4 peuvent être dispensés de l'application de cette mesure.

Ces référentiels ne précisent pas le processus à mettre en œuvre pour la délivrance de telles dispenses et laissent la décision au niveau régional et local.

Un comptage effectué fin octobre 2015 a montré que 351 postes ou secteurs circulation appliquaient une telle dispense, dont celui de Sainte-Pazanne.

Suite à l'accident, 60 % de ces dispenses ont été abrogées après analyse de leur pertinence et seules 145 ont été conservées.

Recommandation R3 (SNCF Réseau) :

Formaliser les critères et le processus d'attribution des dispenses S6A n° 4 de façon à les limiter aux cas où elles correspondent à un réel besoin pour l'exploitation du poste concerné.

5.6 - La mise en œuvre des postes d'aiguillage modernes

La fonction d'enregistrement n'est pas toujours nécessaire mais elle est disponible systématiquement sur les postes modernes de type PAI car ils sont conçus pour être utilisés dans tout type de gares et pouvoir être ultérieurement télécommandés.

Pour ne pas utiliser cette fonction, l'aiguilleur est amené à effectuer des manipulations supplémentaires qui complexifient ses tâches.

Pour que la modernisation du poste ne se traduise pas par un surcroît de travail de l'aiguilleur, les établissements peuvent être amenés à délivrer des dispenses S6A n° 4.

Ainsi, le remplacement d'un poste ancien par un poste moderne peut constituer un facteur défavorable vis-à-vis du risque lié aux déshuntages. Or, ce type de poste est appelé à se déployer sur le RFN ; 62 PAI étaient en service au 1^{er} janvier 2016 et 30 autres sont programmés.

Parallèlement aux fonctionnalités du poste lui-même, les conditions de libération des zones et des itinéraires posent question.

En effet, si une temporisation des relais de voie de deux secondes seulement et un transit souple sont nécessaires sur un poste gérant un trafic important, leur utilité à Sainte-Pazanne n'est pas évidente. Avec une temporisation plus longue ou un transit rigide, l'accident n'aurait pas eu lieu et l'exploitation de la ligne n'aurait pas été dégradée pour autant.

Recommandation R4 (SNCF Réseau) :

Mener une réflexion sur les fonctionnalités des postes modernes afin de pouvoir les adapter aux besoins réels des gares où ils sont implantés et limiter ainsi leur vulnérabilité aux éventuels cas de déshuntage.

5.7 - Le suivi des déshuntages de circuits de voie ITE

Depuis que la problématique des déshuntages est revenue sur le devant de la scène au début des années 2000, l'attention s'est focalisée sur les CDV de type UM 71 qui étaient concernés par la recrudescence constatée.

Les cas concernant les ITE étaient peu nombreux et sans mystère, causés par des rails visiblement couverts par une couche de sable, de rouille ou d'autres matières isolantes.

Les principales mesures préventives décidées à cette époque, boucles inductives, temporisations des CDV, procédures d'homologation des engins et des semelles de frein ont visé les déshuntages sur UM 71 et ont porté leurs fruits.

Malheureusement, ces mesures ciblées sont sans effet sur les déshuntages d'ITE.

Les bilans nationaux sur le retour d'expérience des déshuntages ne distinguent pas systématiquement les types de CDV et les chiffres des ITE se trouvent noyés dans la masse alors que les causes et les conséquences des déshuntages sont différentes.

L'examen des cas de déshuntages critiques, c'est-à-dire ceux qui ont causé un accident ou qui auraient pu le faire, montre qu'en 2015, 2 cas sur 6 concernent des ITE et en 2014, 4 cas sur 4.

L'analyse des déshuntages critiques sur la période 2004 - 2015 montre que le nombre de cas concernant les ITE est légèrement supérieur à celui des UM 71 et représente environ la moitié du total.

Il apparaît donc que les déshuntages d'ITE représentent une part importante du risque déshantage global et méritent un suivi spécifique car leurs causes et les pistes d'amélioration ne sont pas les mêmes que pour les UM 71.

Recommandation R5 (SNCF Réseau) :

Dans le cadre du retour d'expérience sur les déshuntages, et dans l'évaluation de l'efficacité des plans d'actions, prévoir de distinguer systématiquement les principaux types de circuits de voie concernés, notamment UM71 et ITE.

6 - Conclusions et recommandations

6.1 - Les conclusions

Le déraillement par bivoie du TER n° 859100 fait suite à la translation de l'aiguille 310b entre les deux bogies de l'autorail.

Cet événement a été causé d'une part par un déshuntage de 2,7 secondes sur le circuit de voie ITE de la zone 325 et d'autre part par l'enregistrement d'un itinéraire incompatible en présence d'une circulation de catégorie A, autorisé par la consigne S6A n° 4 de l'établissement Infra-Exploitation Pays de Loire.

Les causes origine de l'événement sont :

- la présence de pollution ou d'oxydation sur la ligne qui avait été fermée pendant un an pour une opération de renouvellement de la voie ;
- le phénomène d'encrassement des roues de certains matériels roulants qui est mis en évidence pour la première fois ;
- le manque d'encadrement de la délivrance des dispenses d'application de la consigne S6A4 ;
- les fonctionnalités des postes modernes déployées systématiquement lors du remplacement des postes anciens.

6.2 - Les recommandations

Recommandation R1 (EPSF, SNCF Réseau ; SNCF Mobilités) :

Lancer les études ou les investigations utiles en vue d'améliorer la connaissance du phénomène d'encrassement des roues.

Sans attendre, prendre en compte ce phénomène et la possibilité de déshuntage sur rail propre dans les réflexions relatives au risque lié aux déshuntages, y compris sur circuits de voie ITE et examiner la pertinence d'un équipement en scrubbers (ou tout autre équipement de nettoyage des roues) des X 73500.

Prendre en compte les résultats de ces études pour faire évoluer si nécessaire les référentiels d'admission des matériels sur le RFN et au niveau européen, en lien avec l'agence ferroviaire européenne.

Recommandation R2 (SNCF Réseau) :

Examiner la pertinence de prévoir un nettoyage systématique des rails après renouvellement, y compris en dehors des zones de circuits de voie.

Recommandation R3 (SNCF Réseau) :

Formaliser les critères et le processus d'attribution des dispenses S6A n° 4 de façon à les limiter aux cas où elles correspondent à un réel besoin pour l'exploitation du poste concerné.

Recommandation R4 (SNCF Réseau) :

Mener une réflexion sur les fonctionnalités des postes modernes afin de pouvoir les adapter aux besoins réels des gares où ils sont implantés et limiter ainsi leur vulnérabilité en cas de déshantage.

Recommandation R5 (SNCF Réseau) :

Dans le cadre du retour d'expérience sur les déshuntages, et dans l'évaluation de l'efficacité des plans d'actions, prévoir de distinguer systématiquement les principaux types de circuits de voie concernés, notamment UM71 et ITE.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Lecture de l'archivage du poste de Sainte Pazanne

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



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

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

La Défense, le 13 octobre 2015

DECISION

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

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

Vu les circonstances du déraillement d'un TER de 12 voyageurs à bord au niveau de la gare de Sainte-Pazanne (ligne Saint-Gilles-Croix-de-Vie/Nantes) qui s'est produit le 12 octobre 2015 ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-1 et R. 1621-22 du code des transports sur le déraillement d'un TER survenu le 12 octobre 2015 au niveau de l'aiguille d'entrée de la gare de Sainte-Pazanne dans le département de la Loire Atlantique (44).

Pour le Directeur du BEA-TT

Le Secrétaire général

Bernard BRIEND

Tour Pascal B 92055 La Défense Cedex
Tél. : 01 40 81 23 27 – www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

Annexe 2 : Lecture de l'archivage du poste de Sainte Pazanne

5h31'03"40 : ZAP du C324 occupée (CE 321 : Train 859100 en sortie de la gare de MACHECOUL : Ligne de ST GILLES CROIX DE VIE)

5h32'45"10 : clé 21 itinéraire 324 / 306 (ST GILLES vers voie 4 tracé en DA)

5h32'45"60 : Itinéraire 324 / 306 établit

5h32'48"80 : clé 21 itinéraire 322 / 306 (PORNIC vers voie 4 tracé en DA)

5h40'03"40 : ZAP du C322 occupée (CE 319 : Train 859200 en sortie de la gare de BOURGNEUF : Ligne de PORNIC)

5h40'06"60 : RV 332 bas (Train 859100 en amont du PN 59)

5h40'07"00 : RV 332 haut (Remontée intempestive de la zone 332 pendant 0,4seconde : Information traitée par le MEI comme zone libérée)

5h40'07"40 : RV 332 bas

5h40'12"70 : RV 331 bas (Zone en amont du C324)

5h40'15"30 : RV 332 haut

5h40'36"50 : RV 330 bas (Franchissement du C324)

5h40'36"60 : Fermeture du C324

5h40'39"00 : RV 331 haut

5h40'44"40 : RV 329 bas

5h40'46"70 : RV 330 haut

5h40'46"80 : DA 324 / 306 active (Basculement de l'EIT C 324 sur Fermeture)

5h41'03"50 : RV 325-1 bas (Zone courte PN 58)

5h41'03"90 : RV 325 bas

5h41'05"00 : RV 325-1 haute (Remontée intempestive de la zone 325.1 pendant 0,6seconde : Information non-traitée par le MEI comme zone libérée)

5h41'05"60 : RV 325-1 bas

5h41'06"20 : RV 325-1 haute (Remontée intempestive de la zone 325.1 pendant 0,4seconde : Information non-traitée par le MEI comme zone libérée)

5h41'06"60 : RV 325-1 bas

5h41'08"40 : RV 329 haute (Train 859100 sur le PN 58)

5h41'08"50 : Fermeture du CV 320

5h41'10"90 : RV 325-1 HAUT (Le train à libéré le PN58)

5h41'11"00 : AN P V1 PN 57 déclenchée (Train au km 26+983)

5h41'15"90 : RV 325 haut : Déshantage (Remontée intempestive de la zone 325 et traitée par le MEI comme zone libérée à 5H41'16"00)

5h41'16"00 : libération des transits 325P, 324P, 323P, 310P

5h41'16"00 : CAG 310A 310B commandés à droite (Début de commande des aiguilles)

5h41'16"00 : Décontrôle des aiguilles 310A et B pour les 2 directions

5h41'16"10 : RIT 322 306 haut (Itinéraire origine C322 vers voie 4 formé)

5h41'16"20 : KPD 317/320 actif (Le train est au km 26+947 : Détecteur implanté à 12,4 mètres en amont de la pointe de l'aiguille 310b)

5h41'16"60 : RV 325 bas (Soit 0.2s après l'action sur le détecteur 317/320 donc à 27km/h soit à 5m après l'action sur le détecteur)

5h41'16"60 : KLM 310A Gauche bas (Décalage du moteur pour début de translation)

5h41'16"90 : KLM 310B Gauche bas (Décalage du moteur pour début de translation)

5h41'20"60 : KAG 310A à droite (A titre d'information, la translation de l'aiguille 310A dure 4s)

5h41'21"00 : KAG 310B à droite (A titre d'information, la translation de l'aiguille 310B dure 4'10")

05:41:21:60 : Excitation des CC et CS du C322 (Ouverture du C 322 : Ligne de PORNIC)

5h41'21"90 : Chute de la zone 324. (Franchissement du joint de la traversée 310A 310B)

5h41'22"00 : Chute des CC et CS du C 322 (Fermeture du C322 : Ligne de PORNIC)

5h41'24"90 : KLM 310A bas (Talonnage de l'aiguille 310A).

5h41'27"00 : RV 325 haut (Déraillement du bogie arrière au niveau du cœur de la 310B)

5h44'40"70 : FC 322

5h44'49"30 : FC 315

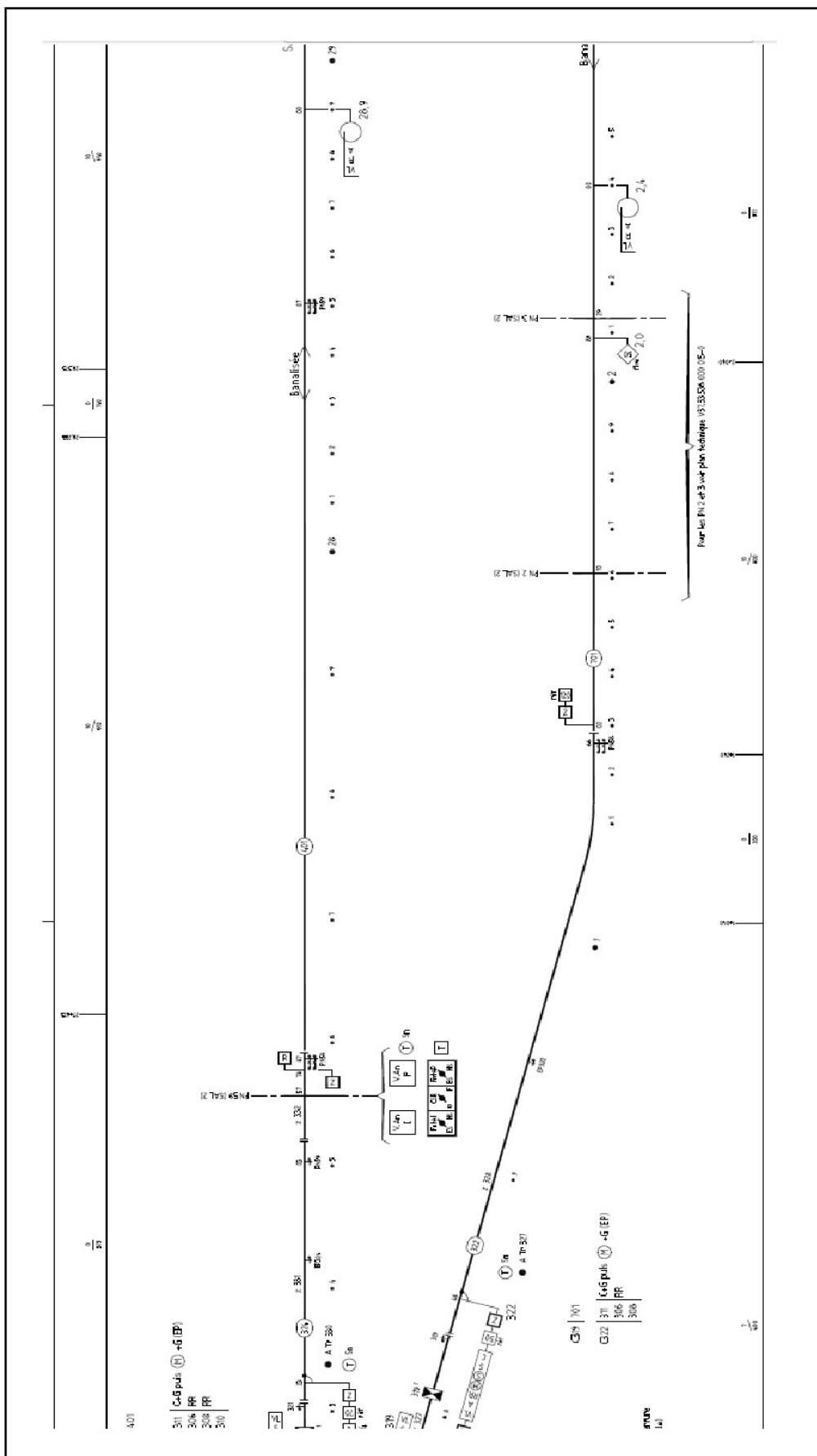
5h44'52"10 : FC 313

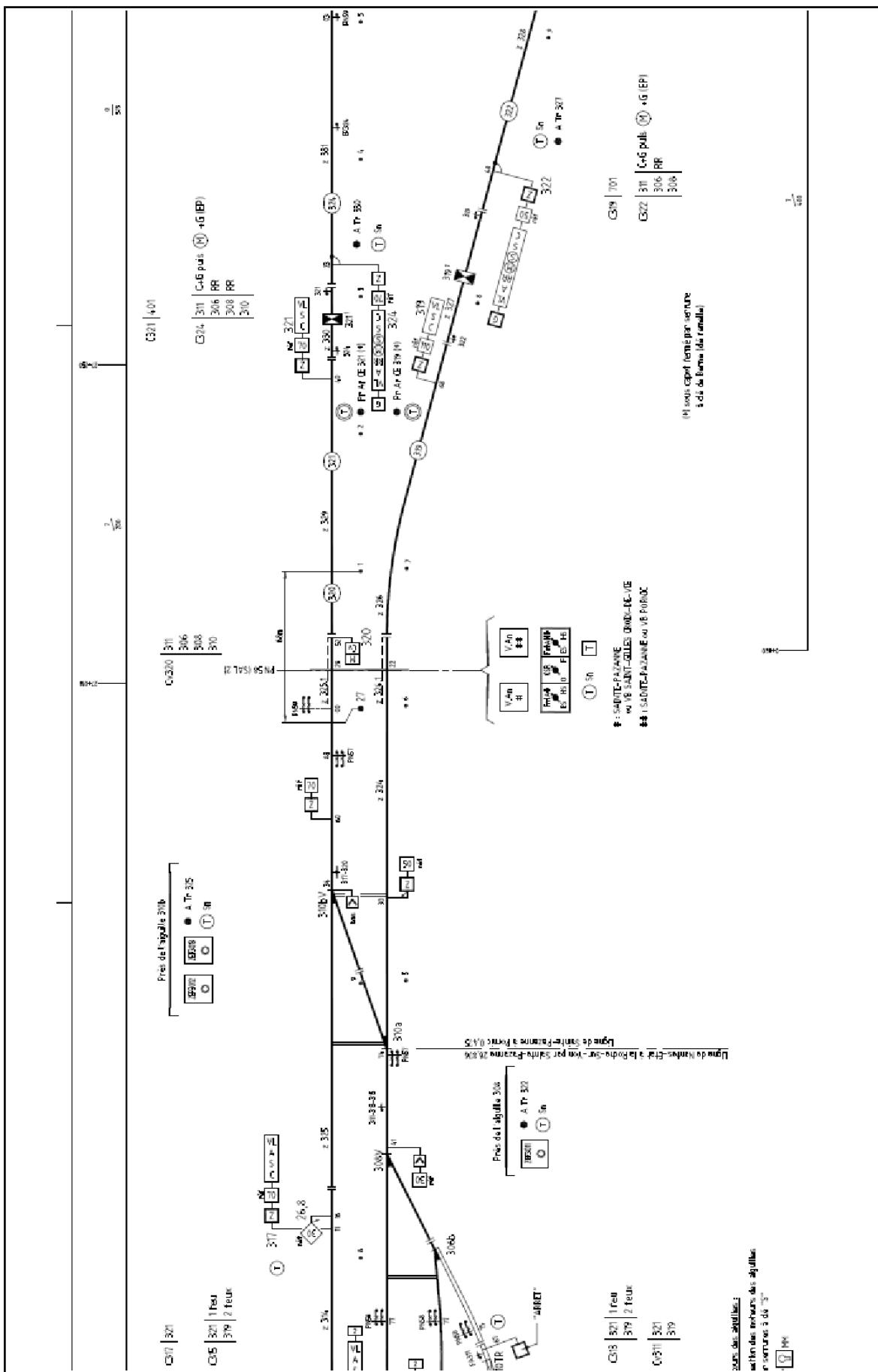
5h44'54"40: FC 311

5h44'59"80 : FC 324

5h57'03"50 FC 317

Annexe 2 (suite) : Schéma de signalisation







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