

BEA-TT

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

*Rapport d'enquête technique
sur le déraillement en ligne
de deux wagons
le 9 mars 2011 à Artenay (45)*

juillet 2012



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

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

Affaire n° BEATT-2011-004

**Rapport d'enquête technique
sur le déraillement en ligne
de deux wagons
le 9 mars 2011 à Artenay (45)**

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 en ligne de deux wagons le 9 mars 2011 à Artenay (45)

N°ISRN : EQ-BEAT--12-7--FR

Proposition de mots-clés : transport de marchandises, wagon, essieu, fissuration, maintenance

Avertissement

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

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

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

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - L'accident.....	13
1.2 - Les secours et le bilan.....	15
1.3 - Les mesures prises après l'accident.....	16
1.4 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	16
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	17
2.1 - La ligne ferroviaire.....	17
2.2 - Le train n°62858.....	17
2.3 - Les wagons déraillés.....	19
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	21
3.1 - Les résumés des déclarations et des témoignages.....	21
3.1.1 -Les déclarations du conducteur du train déraillé.....	21
3.1.2 -Les déclarations de l'agent formation reconnaisseur de Riom.....	21
3.1.3 -Les déclarations de l'agent circulation d'Artenay.....	21
3.1.4 -Les déclarations de l'agent circulation de Lamotte-Beuvron.....	22
3.2 - L'examen des enregistrements ATESS.....	22
3.2.1 -Le graphique des vitesses.....	22
3.2.2 -Le listing des événements de sécurité.....	22
3.3 - L'exploitation des enregistrements radio sol-train.....	23
3.4 - L'infrastructure.....	24
3.5 - Le matériel roulant.....	24
3.5.1 -Les constats effectués sur les lieux de l'accident.....	24
3.5.2 -L'examen en atelier de l'essieu rompu.....	25
3.5.3 -L'amorçage et la propagation des fissures dans les axes d'essieu.....	28
3.5.4 -Les règles de maintenance des axes d'essieu.....	29
3.5.5 -L'historique de la maintenance de l'essieu rompu.....	30
3.5.6 -La maîtrise de la qualité des opérations sous-traitées.....	31
3.5.7 -La recherche de l'origine des défauts de surface de l'axe.....	32
3.5.8 -Le retour d'expérience.....	34
3.5.9 -Le programme européen d'inspection des essieux de wagons.....	35
4 - DÉROULEMENT DU PROCESSUS DE DÉTÉRIORATION DE L'ESSIEU.....	37
4.1 - L'événement origine.....	37
4.2 - L'amorçage de la fissure et sa propagation.....	37

4.3 - La rupture de l'axe.....	37
5 - DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT.....	39
5.1 - La formation et la circulation du train n°62858.....	39
5.2 - Le déraillement et les mesures immédiates.....	39
6 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	41
6.1 - La rupture de l'axe et le déraillement.....	41
6.1.1 -Les examens des axes sous véhicule.....	41
6.1.2 -La qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux.....	42
6.1.3 -La qualité des relations contractuelles.....	42
6.2 - L'accident ferroviaire et les mesures immédiates.....	43
6.2.1 -La protection du train déraillé.....	43
6.2.2 -L'alerte des services de secours.....	44
7 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	45
7.1 - Les causes de l'accident.....	45
7.2 - Les recommandations.....	45
7.2.1 -Les examens des axes d'essieu sous véhicule	45
7.2.2 -La qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux.....	46
ANNEXES.....	47
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	49
Annexe 2 : Rapport d'expertise visuelle de l'axe.....	51

Glossaire

- **AC** : Agent Circulation
- **AEF** : Agence d'Essai Ferroviaire
- **AFWP** : Association Française des Wagons de Particuliers
- **ATESS** : Système d'Acquisition et de Traitement des Événements de Sécurité en Statique
- **CG** : Conduite Générale de frein
- **CUU** : Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **DB** : Deutsche Bahn, entreprise ferroviaire allemande
- **ECM** : Entité en Charge de la Maintenance
- **ECR** : Euro Cargo Rail, entreprise ferroviaire de transport de fret
- **EPSF** : Établissement Public de Sécurité Ferroviaire
- **ERA** : European Railway Agency, agence ferroviaire européenne
- **EVIC** : European Visual Inspection Catalog, catalogue européen d'inspection visuelle des essieux
- **NACCO** : Détenteur du wagon à l'origine du déraillement
- **PK** : Point kilométrique
- **RAT** : Reconnaissance à l'Aptitude au Transport
- **RIV** : Régime International des wagons
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **SJ** : Statens Järnvägar, compagnie ferroviaire nationale suédoise (avant 2001)
- **SHK** : Statens Haverikommission, organisme d'enquêtes suédois sur les accidents de transport
- **VPI** : Vereinigung des Privatgüterwagen Interessenten, association de détenteurs de wagons

Résumé

Le 9 mars 2011, à 0h47, les 17^e et 19^e wagons du train n°62858 de l'entreprise ferroviaire Euro Cargo Rail, qui circule entre Riom dans le Puy-de-Dôme et Forbach en Meurthe-et-Moselle, dérailent en pleine voie peu avant la gare d'Artenay (45).

Les wagons déraillés ne se couchent pas et n'engagent pas le gabarit de la voie adjacente.

L'accident ne fait aucune victime mais les dégâts matériels sont importants, la voie étant fortement détériorée sur quelque 500 mètres.

Les wagons étant chargés de palettes d'eau minérale, aucun risque particulier, en lien avec le produit transporté, n'est de plus à redouter.

Le déraillement est dû à une cause directe unique : la rupture de l'axe de l'essieu avant du wagon immatriculé 27 80 431 9105-7 détenu par la société NACCO.

Cette rupture est la conséquence d'une fissuration par fatigue de cet axe dans un plan transversal situé à 75 mm du plan de symétrie de l'essieu concerné.

La fissure s'est amorcée à la surface de l'axe, au fond d'un sillon circulaire qui fait partie d'un ensemble de sillons et de détériorations superficielles probablement causé, avant octobre 2002, par le frottement accidentel d'un axe de timonerie d'un wagon porte-conteneurs de type Sdgms, immatriculé en Suède, sur lequel l'essieu en cause avait été monté. Ces avaries n'ont ensuite pas été traitées lors des opérations de maintenance réalisées depuis cet incident dans différents ateliers de maintenance suédois.

L'analyse des causes de cet accident conduit à formuler trois recommandations dans les deux domaines suivants :

- les examens des axes d'essieu sous véhicule et l'application du catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC) ;
- le contrôle de la qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux.

Deux de ces recommandations sont adressées à l'autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise. Elles lui sont transmises par l'intermédiaire de l'organisme d'enquêtes sur les accidents de transport de ce pays, la Statens Haverikommision (SHK).

1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

1.1 - L'accident

Le 9 mars 2011, à 0h47, les 17^e et 19^e wagons du train n°62858 de l'entreprise ferroviaire Euro Cargo Rail (ECR) déraillent en pleine voie peu avant la gare d'Artenay (45).

Les wagons déraillés ne se couchent pas ; mais, le déraillement s'étant produit en vitesse, ils subissent des dommages importants dans leurs parties basses. Il en est de même des deux wagons situés en 18^e et en 20^e et dernière positions.

Le 17^e wagon, qui porte le n°27 80 431 9105-7, est déraillé de trois essieux, seul son quatrième essieu est encore sur les rails. Par ailleurs, le premier essieu de ce wagon est rompu vers le milieu de son axe. La moitié droite de cet essieu, avec une roue, est restée solidaire du wagon ; l'autre moitié, avec sa roue, est retrouvée derrière le convoi, au milieu de la voie sur laquelle il circulait.

Les boîtes de cet essieu ne présentent pas de trace de surchauffe.

Le 19^e wagon est déraillé d'un essieu.

Les wagons étant chargés de palettes d'eau minérale, aucun risque particulier, en lien avec le produit transporté, n'est à redouter.



Figure 1 : Relevage du wagon n° 27 80 431 9105-7, déraillé de trois essieux

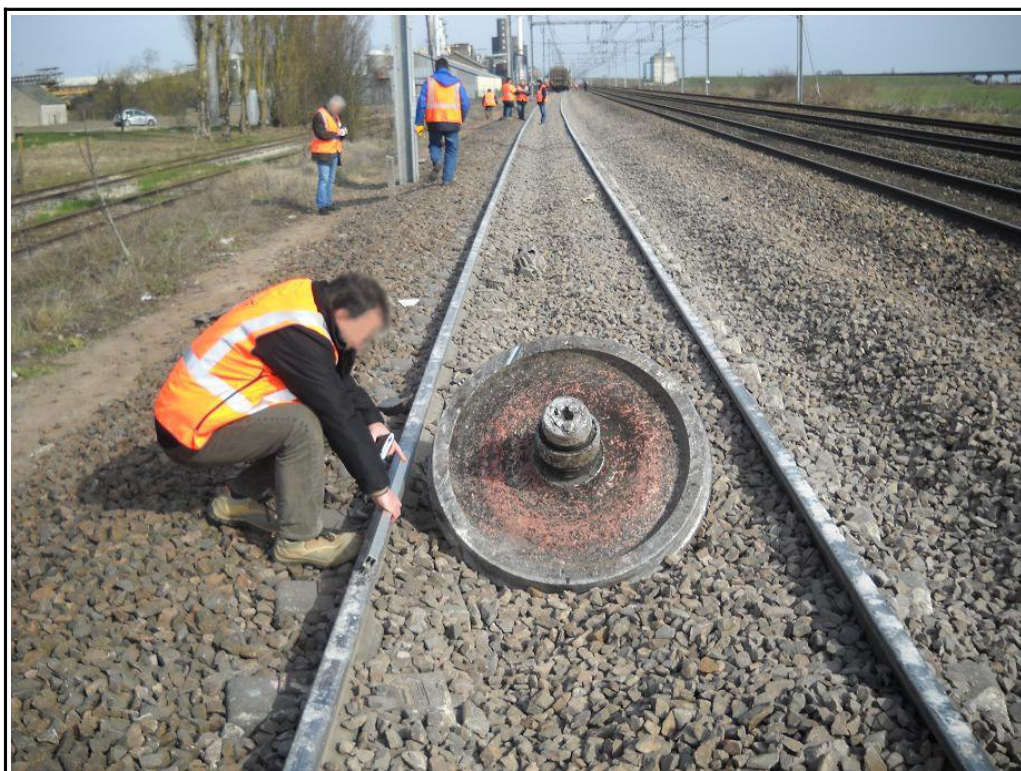


Figure 2 : Demi-essieu brisé, avec sa roue, resté sur la voie derrière le convoi

Le schéma ci-après visualise le lieu du déraillement. La section de ligne sur laquelle il s'est produit, comporte quatre voies. Le train déraillé empruntait la voie 2 bis.

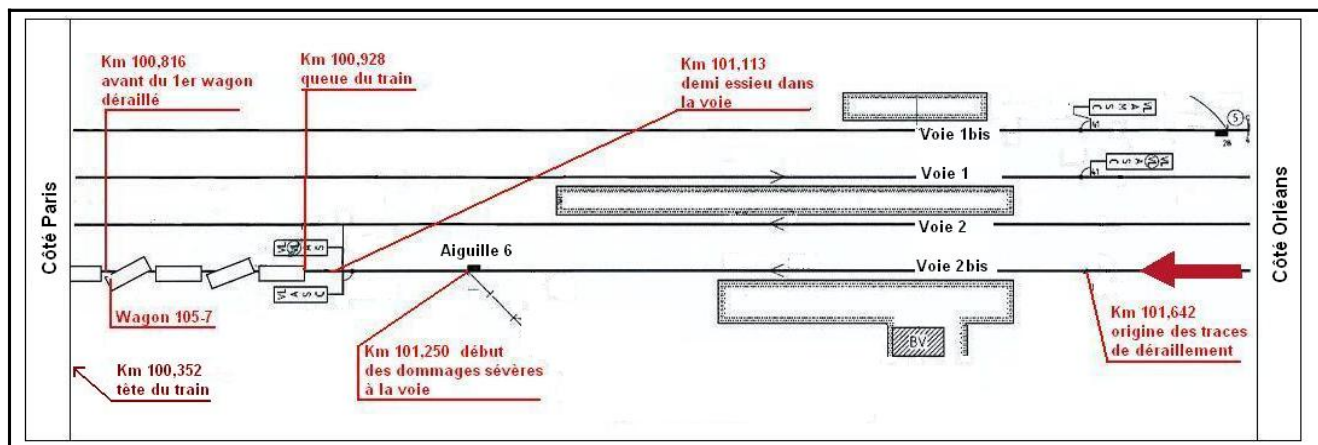


Figure 3 : Plan schématique du lieu du déraillement

1.2 - Les secours et le bilan

La gendarmerie a été informée de l'accident par la société nationale des chemins de fer français (SNCF), 12 heures après les faits. Elle n'a donc procédé à aucune constatation sur les lieux.

Les secours n'ont pas été alertés et ne sont pas intervenus sur cet accident qui n'a pas fait de victime.

Les répercussions de l'accident sur la circulation ont été limitées, la voie 2 adjacente à celle où a eu lieu le déraillement a, en effet, été rendue à la circulation dès 2h25, une fois vérifié que son gabarit n'était pas engagé.

Les dégâts causés à l'infrastructure ferroviaire sont importants. Les traverses de la voie 2 bis sont notamment à remplacer sur 500 m environ, leurs entretoises ayant été brisées ou déformées.

Le premier wagon déraillé est fortement endommagé. Les autres wagons situés derrière celui-ci ont subi des dommages plus ou moins importants en passant sur le demi-essieu rompu qui se trouvait dans l'entre-rails.



Figure 4 : Traverses de la voie 2 bis détériorées lors du déraillement

1.3 - Les mesures prises après l'accident

Les travaux de réparation de l'infrastructure ont été réalisés du 10 au 14 mars, date à laquelle la voie 2 bis a été rendue à la circulation.

Compte tenu du caractère inédit en France d'une rupture d'essieu comme celle ayant affecté le wagon n°27 80 431 9105-7, l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF) a envisagé la possibilité d'un défaut concernant l'ensemble des wagons du même type appartenant à la société NACCO, détentrice du wagon précité. Il a donc suspendu, le 10 mars 2011, l'autorisation de circulation de ces wagons sur le réseau ferré national et en a informé les autorités nationales de sécurité des autres États membres de l'Union Européenne. Ces wagons ont été de nouveau autorisés à circuler à partir du 13 avril 2011, aucun défaut n'ayant été détecté lors des examens visuels auxquels les axes de leurs essieux ont été soumis.

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 11 mars 2011 une enquête technique en application du deuxième alinéa de l'article 20 du décret n°2004-85 du 26 janvier 2004 relatif notamment aux enquêtes techniques après accident de transport terrestre (annexe 1).

L'enquêteur a eu communication des pièces de l'enquête préliminaire diligentée par le Procureur de la République d'Orléans.

La cause immédiate du déraillement ayant été rapidement identifiée, l'essentiel de l'enquête a porté sur la recherche des causes de la rupture de l'axe de l'essieu avant du premier wagon déraillé.

Dans ce cadre, l'enquêteur s'est rendu notamment dans les ateliers de la société Saint-Denis-de-l'Hôtel Ferroviaire (SDHF) sise dans le Loiret, où les pièces de l'essieu avaient été déposées pour expertise. Il a rencontré les responsables concernés de la société NACCO, détentrice des wagons accidentés, et de la société ECR, entreprise ferroviaire exploitante du train considéré.

Le wagon et l'essieu en cause étant d'origine suédoise et ayant été révisés dans ce pays, la présente enquête technique a été réalisée en collaboration avec l'organisme d'enquêtes sur les accidents de transport de ce pays, la *Statens Haverikommision (SHK)*.

Des informations ont également été demandées à l'organisme d'enquêtes allemand, les dernières réparations de ce wagon ayant été effectuées à Mannheim.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - La ligne ferroviaire

Le déraillement a eu lieu sur la voie 2 bis de la ligne de Paris-Austerlitz à Orléans-Les Aubrais, à hauteur de la gare d'Artenay, approximativement au PK 100,650.

Cette ligne est très chargée, étant le tronc commun des axes ferroviaires classiques Paris – Tours – Bordeaux et Paris – Limoges – Toulouse.

Elle supporte notamment le trafic de fret entre la Région Parisienne et les ports de l'Ouest et du Sud-Ouest ainsi que le trafic en provenance ou à destination de l'Espagne par Irun.

Elle est également empruntée par les trains de grandes lignes de l'axe Paris – Limoges – Toulouse et par les trains régionaux et inter-régionaux des régions Île-de-France et Centre.

Au total, à hauteur d'Artenay, environ 80 trains y circulent quotidiennement dans chaque sens.

Cette ligne comporte quatre voies au nord d'Étampes puis trois voies, avec des tronçons à quatre voies, entre Étampes et Les Aubrais.

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

Elle peut être parcourue à la vitesse maximale de 200 km/h sur les voies 1 et 2 et de 160 km/h sur les voies 1 bis et 2 bis.

Au sud de Toury, elle est régulée par le centre opérationnel de gestion des circulations (COGC) de Tours.

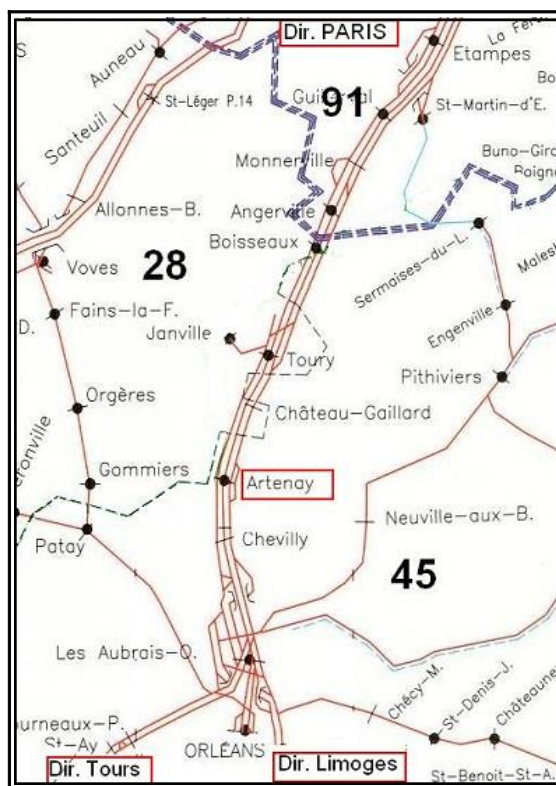


Figure 5 : Carte ferroviaire

2.2 - Le train n°62858

Le train de fret n°62858, exploité par l'entreprise ECR, circule entre l'embranchement Volvic de La-Gravière près de Riom (63) et Forbach (57) via Gannat (63), Saincaize (58), Vierzon (18) et Valenton (94).

Il relève de la catégorie MA 100 telle que définie dans la réglementation en vigueur sur le réseau ferré national.

Le jour de l'accident, il était composé de 20 wagons bâchés chargés de palettes d'eau minérale dont 17 wagons couplés de type Laaips¹ et trois wagons à bogies.

Sa traction était assurée par la locomotive n°66288 du type Class 66, suivie de la locomotive n°66229 en véhicule.

Sa masse totale était de 1 749 t et sa longueur de 576 m.

Ce train a fait l'objet d'une reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) et d'une visite technique (VT) le 8 mars de 18h30 à 19h30 sur une voie de l'embranchement Volvic à La-Gravière.

Il a subi des essais de frein à partir de 19h30 avec l'engin de traction en tête.

Le départ a été donné à 20h02 depuis cet embranchement.

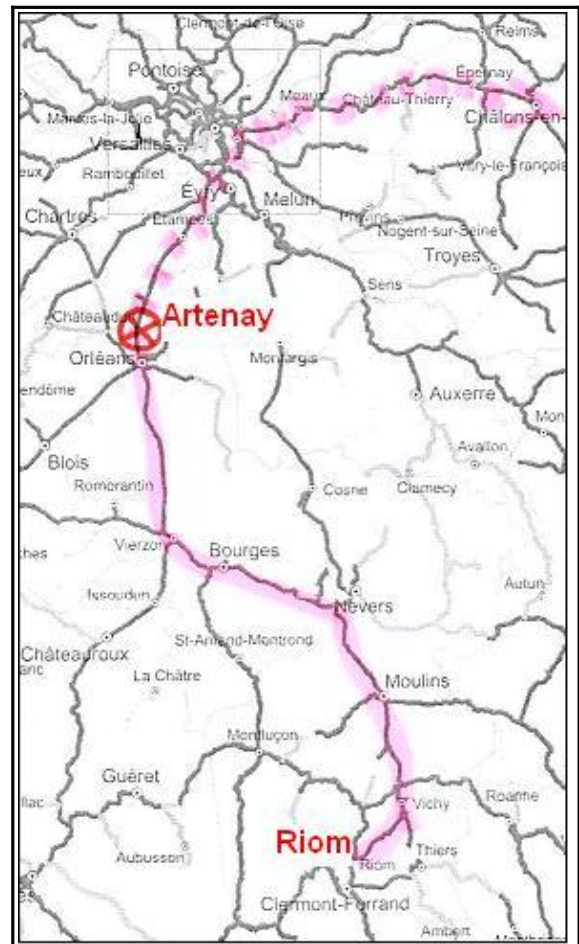


Figure 6 : Parcours du train n°62858



Figure 7 : Locomotive Class 66 en tête d'un train de wagons Laaips

¹ Type défini dans le chapitre 2.3

2.3 - Les wagons déraillés

Les wagons déraillés appartiennent au type Laaips. Ils sont formés par le couplage permanent de deux wagons plats de type Kbis à bâchage mécanique.

Ces derniers sont d'origine suédoise et ont été fabriqués dans les années 1970, notamment pour la Société Nordwaggon.

Leur transformation par couplage a été réalisée en 2007 et 2008, à la demande de l'actuel détenteur, la société NACCO.

Les wagons de type Laaips issus de cette transformation sont immatriculés en Allemagne et loués à l'entreprise ECR.



Figure 8 : Un wagon type Laaips

Les wagons Laaips ont une tare de 25 t et admettent une charge utile de 55 t pour une masse totale de 80 t correspondant à 20 t par essieu.

Leur vitesse maximale est de 100 km/h en charge et de 120 km/h à vide.

Ils ont été construits conformément au référentiel du régime international des wagons (RIV) et sont donc aptes à circuler en trafic international, sans restriction particulière.

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 et des témoignages dont ils ont eu connaissance, en retenant les éléments qui paraissent utiles à la compréhension des événements. Il peut donc y avoir des divergences entre les différents témoignages, ou avec des constats présentés par ailleurs, ou avec la description des faits retenue par les enquêteurs telle qu'elle apparaît au chapitre 5.

3.1.1 - *Les déclarations du conducteur du train déraillé*

Après avoir passé la gare de Cercottes [*située à environ 10 km au sud d'Artenay*]², le conducteur reprend sa vitesse de 100 km/h qu'il atteint un peu avant Artenay. A 0h47, étant encore en traction pour maintenir sa vitesse, il constate une baisse de la pression de la conduite générale de frein (CG) qui tombe à zéro sans qu'il entende de bruits anormaux. En regardant, par les fenêtres latérales, son train qui était éclairé par les lumières environnantes de la gare et des usines, il ne détecte aucun signe de déraillement ni à droite, du côté de la voie 2, ni à gauche.

Il applique les procédures prévues en cas de fuite de la CG sans présomption de déraillement. Il informe le régulateur à 0h50 que son train présente une telle fuite et qu'il part à sa visite.

Arrivé à la moitié du train, le conducteur s'aperçoit que des wagons sont déraillés. Il retourne le plus rapidement possible à la locomotive pour en aviser le régulateur et lui demander la protection des voies 2 et 2 bis.

A la demande du régulateur, il part visiter la voie 2 pour vérifier s'il y a ou non un danger.

Depuis les bureaux de la gare d'Artenay, il informe le régulateur que les voies 1 et 2 ne présentent pas de danger apparent pour la circulation.

En réponse à une demande d'explication complémentaire de l'enquêteur du BEA-TT, le conducteur précise qu'il n'a pas déclenché le signal d'alerte lumineux (SAL) mais qu'il a pu appuyer furtivement et involontairement sur le bouton correspondant.

3.1.2 - *Les déclarations de l'agent formation reconnaissseur de Riom*

L'agent déclare qu'il a effectué la reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) et la visite technique (VT) du train n°62858 et qu'il n'a détecté aucune anomalie en empêchant la circulation.

3.1.3 - *Les déclarations de l'agent circulation d'Artenay*

Effectuant la surveillance du train n°62858, l'agent ne constate rien d'anormal, mais il perçoit un bruit de projections [*de ballast*]² sur le bâtiment [*dans lequel il se trouve*]².

Par la radio, il entend le conducteur annoncer au régulateur que son train présente une fuite à la CG.

Il assure la protection sur les voies 2 et 2 bis pour permettre la visite du train.

² Les mentions en italique mises entre crochets sont ajoutées par l'enquêteur pour faciliter la compréhension des déclarations.

Il entend un appel radio du conducteur qui annonce que 3 wagons sont déraillés.

Il maintient la protection sur les voies 2 et 2 bis.

3.1.4 - Les déclarations de l'agent circulation de Lamotte-Beuvron

Le dernier poste de surveillance des trains en marche en amont du lieu de l'accident est celui de Lamotte-Beuvron. L'agent circulation en fonction lors du passage du train n°62858 n'a rien constaté d'anormal.

3.2 - L'examen des enregistrements ATESS

3.2.1 - Le graphique des vitesses

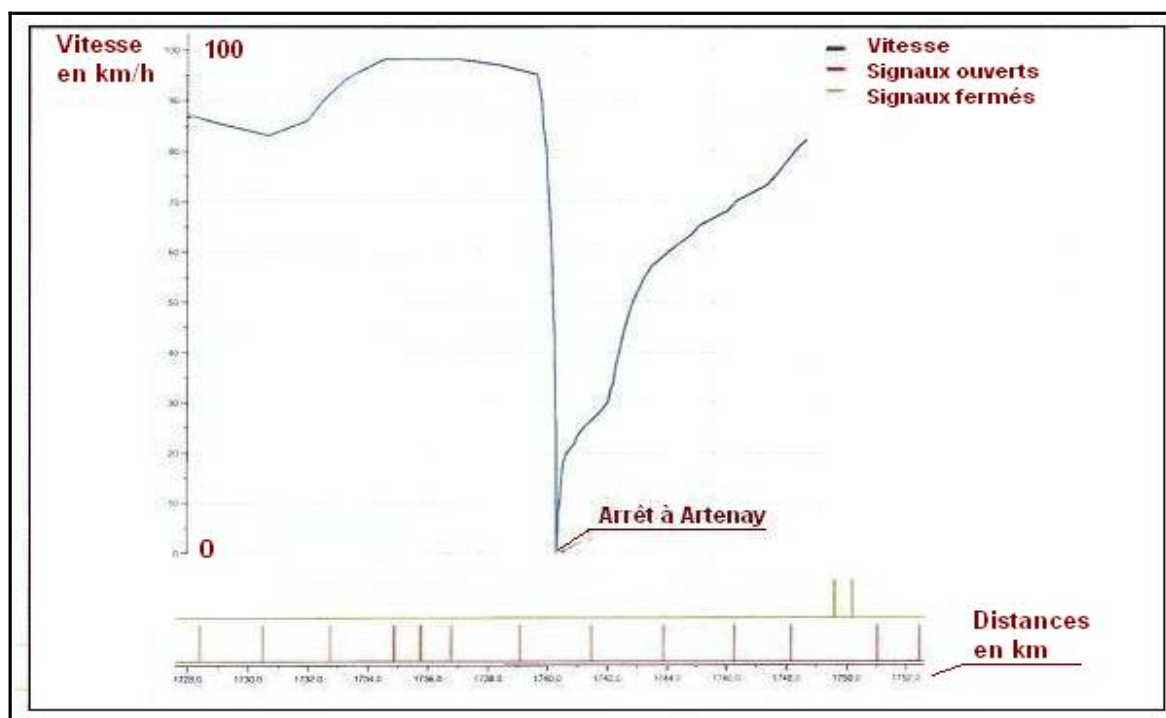


Figure 9 : Graphique des vitesses du train n°62858 à l'approche d'Artenay

On observe que la vitesse limite de 100 km/h est bien respectée et que le freinage dû à la fuite à la conduite générale de frein (CG) se manifeste alors que la vitesse est d'environ 95 km/h.

3.2.2 - Le listing des événements de sécurité

Ce listing, extrait du système d'enregistrement ATESS, permet d'établir que le train a parcouru 540 m entre le déclenchement de la fuite à la CG et son immobilisation.

La tête du train s'étant arrêtée au PK 100,352, on peut en déduire que cette fuite s'est déclenchée alors que la locomotive se trouvait environ au PK 100,900, soit juste après les signaux de sortie de la gare d'Artenay.

On observe également sur ce listing que le signal d'alerte lumineux (SAL) a été actionné fugitivement après l'arrêt du convoi mais que le signal d'alerte radio n'a pas été activé.

	16071 - [81]	EL01 - Fin franchissement signal Ouvert RS ou KVB	1739.08km
	48mn16s	95km/h	
	16072 - [75]	Balises 123	1739.11km 48mn18s 95km/h N 146 B1:4D00 B2:97A2
	B3:FFF2	VKVB:94.50	
1	16073 - [0A]	RAZ compteur distance	95km/h
	16074 - [99]	EL13 - MP(CO)I sur la position 0 ou MP(TT)F sur la position 0 ou	
	Freinage	1739.35km 48mn26s 91km/h	
	16075 - [B8]	EL29 - QT Ouvert	1739.35km 48mn26s 91km/h
	16076 - [0B]	Seuil vitesse	1739.35km 90km/h
	16077 - [AC]	EL23 - Effort tracton Nul par MP(CO)I ou VI ou par MP(TT)F	
	1739.36km	48mn26s 90km/h	
	16078 - [0B]	Seuil vitesse	1739.43km 85km/h
	16079 - [0B]	Seuil vitesse	1739.53km 80km/h
	16080 - [A1]	EL17 - Commande de freinage Pneumatique (MPF ou BP URG ou FU	
	Equipement Sécurité)	1739.53km 48mn34s 80km/h	
	16081 - [0B]	Seuil vitesse	1739.57km 75km/h
	16082 - [A0]	EL17 - Pas de commande de freinage Pneumatique (MPF ou BP URG ou	
	FU Equipement Sécurité)	1739.61km 48mn38s 72km/h	
	16083 - [0B]	Seuil vitesse	1739.63km 70km/h
	16084 - [A1]	EL17 - Commande de freinage Pneumatique (MPF ou BP URG ou FU	
	Equipement Sécurité)	1739.63km 48mn40s 70km/h	
	16085 - [0B]	Seuil vitesse	1739.67km 65km/h
	16086 - [0B]	Seuil vitesse	1739.70km 60km/h
	16087 - [0B]	Seuil vitesse	1739.74km 55km/h
	16088 - [0B]	Seuil vitesse	1739.77km 50km/h
	16089 - [0B]	Seuil vitesse	1739.79km 45km/h
	16090 - [0B]	Seuil vitesse	1739.81km 42km/h
	16091 - [0B]	Seuil vitesse	1739.82km 40km/h
	16092 - [0B]	Seuil vitesse	1739.83km 37km/h
	16093 - [0B]	Seuil vitesse	1739.84km 35km/h
	16094 - [0B]	Seuil vitesse	1739.85km 32km/h
	16095 - [0B]	Seuil vitesse	1739.85km 30km/h
	16096 - [0B]	Seuil vitesse	1739.86km 27km/h
	16097 - [0B]	Seuil vitesse	1739.87km 25km/h
	16098 - [0B]	Seuil vitesse	1739.87km 22km/h
	16099 - [0B]	Seuil vitesse	1739.88km 20km/h
	16100 - [0B]	Seuil vitesse	1739.88km 17km/h
	16101 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 15km/h
	16102 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 12km/h
	16103 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 10km/h
	16104 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 7km/h
	16105 - [75]	Balises 123	1739.89km 49mn2s 7km/h N 147 B1:3510 B2:8042 B3:FFF2
	VKVB:12.00		
	16106 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 5km/h
	16107 - [0B]	Seuil vitesse	1739.89km 2km/h
2	16108 - [0B]	Arrêt	1739.89km 49mn6s
	16109 - [AE]	EL24 - Pression CG < 2.5 bar	1739.89km 49mn14s 0km/h
	16110 - [C5]	EL35 - Sélecteur de sens de marche sur 0 ou ARrière	1739.89km
	49mn34s	0km/h	
	16111 - [AF]	EL24 - Pression CG >= 2.5 bar	1739.89km 50mn10s 0km/h
	16112 - [AE]	EL24 - Pression CG < 2.5 bar	1739.89km 50mn32s 0km/h
3	16113 - [A3]	EL18 - Bouton signal d'alerte lumineux sur Marche	1739.89km
	53mn30s	0km/h	
	16114 - [A2]	EL18 - Bouton signal d'alerte lumineux au Repos	1739.89km 53mn30s
	0km/h		
	16115 - [09]	RAZ compteur horaire	09/03/11 01H
	16116 - [09]	RAZ compteur horaire	09/03/11 02H
	16117 - [09]	RAZ compteur horaire	09/03/11 03H
	16118 - [09]	RAZ compteur horaire	09/03/11 04H

- 1 Fuite CG
- 2 Arrêt du train
- 3 Allumage SAL

Figure 10 : Listing des événements sécurité

3.3 - L'exploitation des enregistrements radio sol-train

La chronologie des enregistrements des échanges radio entre le conducteur et le régulateur fait ressortir les points suivants :

- à 0h52, le conducteur appelle le régulateur pour lui signaler qu'il vient d'être arrêté par une chute de pression de la conduite générale du frein et qu'il va appliquer son guide de dépannage ;
- à 0h54, le conducteur informe le régulateur qu'il part à la visite de son train. Il précise qu'il cheminera sur la piste et qu'il n'a pas besoin de protection ;

- à 1h06, sans nouvelles du conducteur et prévenu du déraillement téléphoniquement par l'entreprise ferroviaire ECR, le régulateur contacte un train croiseur pour avoir des informations sur la situation ;
- à 1h10, le conducteur annonce au régulateur que 3 wagons de son train ont déraillé et demande la protection de la voie 2.

On peut s'étonner du temps écoulé entre l'instant où le conducteur a constaté la fuite à la CG (0h47) et celui où il a appelé le régulateur (0h52) même si une partie de cet écart peut être dû à un décalage entre la chronométrie du système ATESS de l'engin moteur et celle de l'enregistreur du COGC.

L'écoute des échanges indique que le conducteur traite l'incident, dans un premier temps, comme une fuite à la CG sans présomption de déraillement.

Elle montre également une bonne qualité de ces échanges, notamment de la part du régulateur qui collationne systématiquement les informations importantes données par le conducteur.

3.4 - L'infrastructure

La voie concernée a été renouvelée en 1984. Elle est constituée de longs rails soudés (LRS) posés sur traverses béton bi-blocs ou sur traverses bois, selon les secteurs.

Dans la zone de la gare d'Artenay, la voie repose sur des traverses bi-blocs au nord de l'aiguille 6³ dont la pointe est au PK 101,230. Au sud de cet appareil, la voie est posée sur traverses bois.

Le dernier enregistrement de la géométrie de la voie date du 1^{er} octobre 2010. Il ne révèle aucun défaut dans la zone du déraillement, de même que les trois précédents enregistrements.

La dernière vérification annuelle des cotes de sécurité de l'aiguille 6 date du 14 janvier 2011 ; aucune anomalie n'a été relevée.

3.5 - Le matériel roulant

3.5.1 - Les constats effectués sur les lieux de l'accident

Le 17^e wagon, immatriculé 27 80 431 9105-7, est déraillé des trois premiers essieux. Son premier essieu est rompu vers le milieu de son axe. Une moitié de cet essieu, avec une roue, est restée solidaire du wagon ; l'autre moitié, avec sa roue, est retrouvée au milieu de la voie 2 bis, derrière le convoi.

Les boîtes de cet essieu ne présentent pas de trace de surchauffe.

Le 19^e wagon, immatriculé 27 80 431 9119-8, est déraillé de son deuxième essieu.

Lors de la visite du train, il a été constaté que les wagons situés en avant du 17^e ne sont pas endommagés et qu'ils peuvent être acheminés vers leur destination. En revanche, les wagons situés derrière le 17^e, présentent des traces de chocs au niveau de leurs parties basses, y compris ceux qui ne sont pas déraillés.

Le demi-essieu retrouvé sur la voie, ayant subi de nombreux chocs, ne présente pas d'indices exploitables visuellement.

3 La figure 3 visualise la position de l'aiguille 6 de la gare d'Artenay

En revanche, le demi-essieu resté en place montre, sur la surface de rupture, des stries caractéristiques d'une fissuration par fatigue.



Figure 11 : Le demi-essieu tombé sur la voie



Figure 12 : Le demi-essieu resté sous le wagon

Dès ce stade, il est clair que le déraillement est dû à la rupture de l'axe du premier essieu du wagon n°27 80 431 9105-7 et que le demi-essieu qui s'est détaché est passé sous la queue du convoi, provoquant les déraillements de certains autres essieux ainsi que les dommages à la voie et aux parties basses des trois derniers wagons du train.

Ce type de rupture est très rare ; aucun cas n'est connu en France. L'enquête s'est attachée à déterminer les causes de la fissuration qui en a été à l'origine.

3.5.2 - L'examen en atelier de l'essieu rompu

L'essieu rompu a été examiné le 14 mars 2011 dans l'atelier de la société SDHF à Saint-Denis-de-l'Hôtel (45), en présence notamment des représentants de l'entreprise ferroviaire ECR, du détenteur NACCO, de l'atelier de maintenance suédois Midwaggon et des experts de l'Agence d'Essai Ferroviaire (AEF) et de la Deutsche Bahn (DB).

L'AEF a rédigé un rapport d'expertise visuelle qui est joint en annexe 2 au présent rapport.

Identification de l'axe

Les inscriptions frappées sur l'extrémité de l'axe permettent de déterminer qu'il a été produit en août 1974 par la Société ASEA-Traction-Company, qu'il est du type 38H homologué par les chemins de fer suédois (SJ) et qu'il porte le numéro individuel 336272.



Figure 13 : Marquages de l'axe de l'essieu rompu

Dessin de l'axe type 38H des chemins de fer suédois

Sur la figure 14 ci-après, on observe que le corps de l'axe considéré est légèrement tronconique « en diabol » , son diamètre étant de 155 mm au centre et de 165 mm près des portées de calage des roues. Cette forme n'est pas pratiquée par les fabricants d'essieux français mais est relativement commune dans certains pays.

Positionnement du plan de rupture

Le plan de rupture se trouve à 75 mm du plan de symétrie transversal de l'essieu, à gauche par rapport au sens de la marche du wagon.

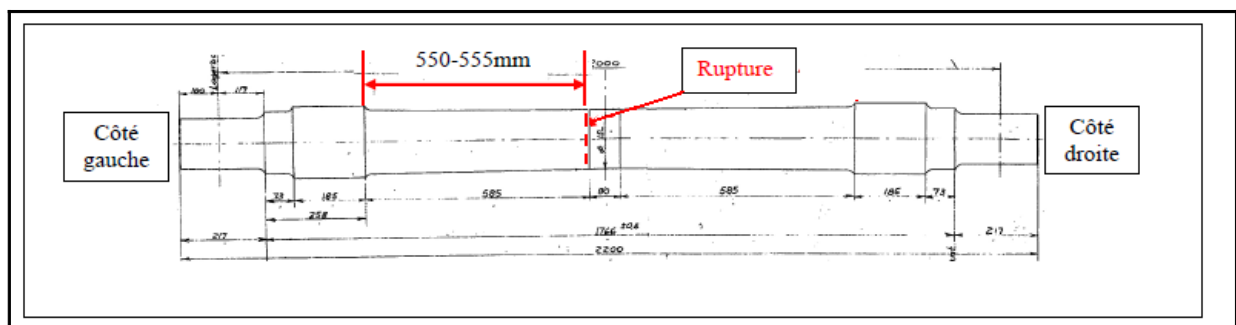


Figure 14 : Localisation du plan de rupture

Examen de la surface de rupture

La partie gauche de l'essieu qui a subi de nombreux chocs avec les wagons et le ballast est inexploitable. En revanche, la surface de rupture de la partie droite présente un aspect caractéristique d'une rupture de fatigue avec une zone de fissuration progressive et une zone de rupture finale typique d'une rupture brutale.

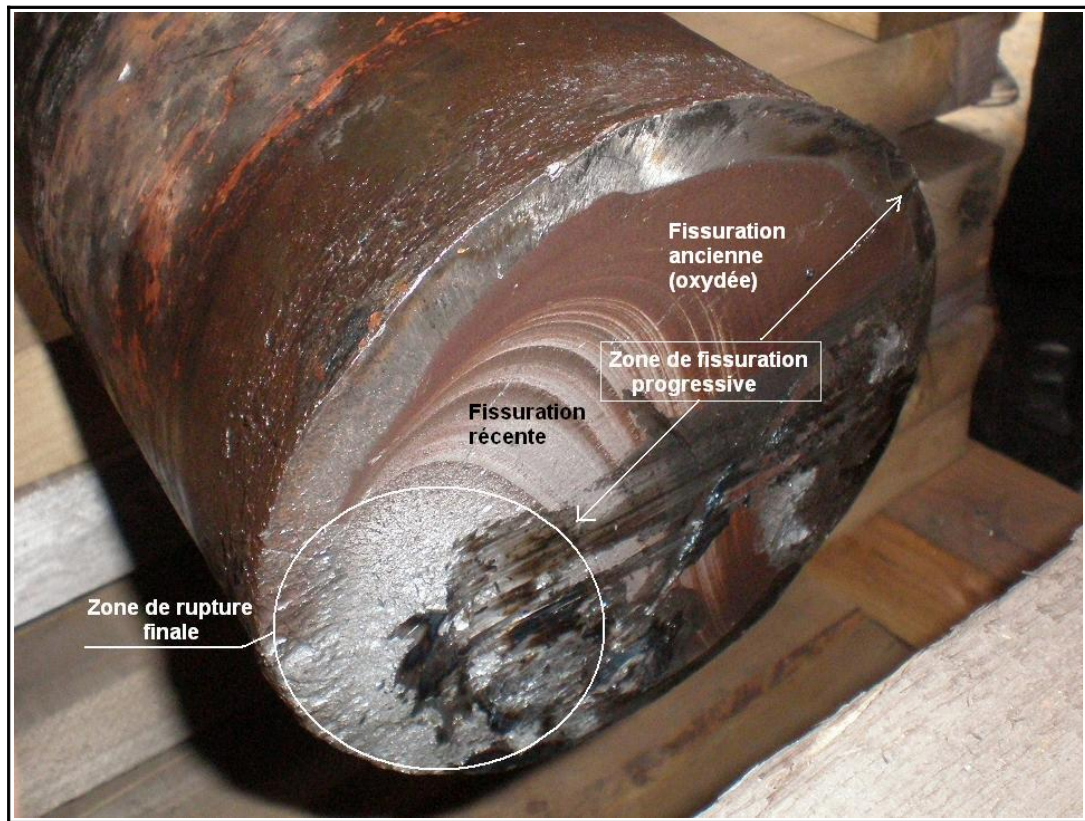


Figure 15 : Faciès de rupture de la partie droite de l'axe

Examen de l'état de surface de l'axe

A proximité du plan de rupture, sur une largeur d'environ 30 mm, la surface de l'axe présente un aspect anormal avec des rayures circulaires bien marquées et des apports de métal. L'aspect oxydé de cette zone permet d'estimer que ces défauts sont anciens.

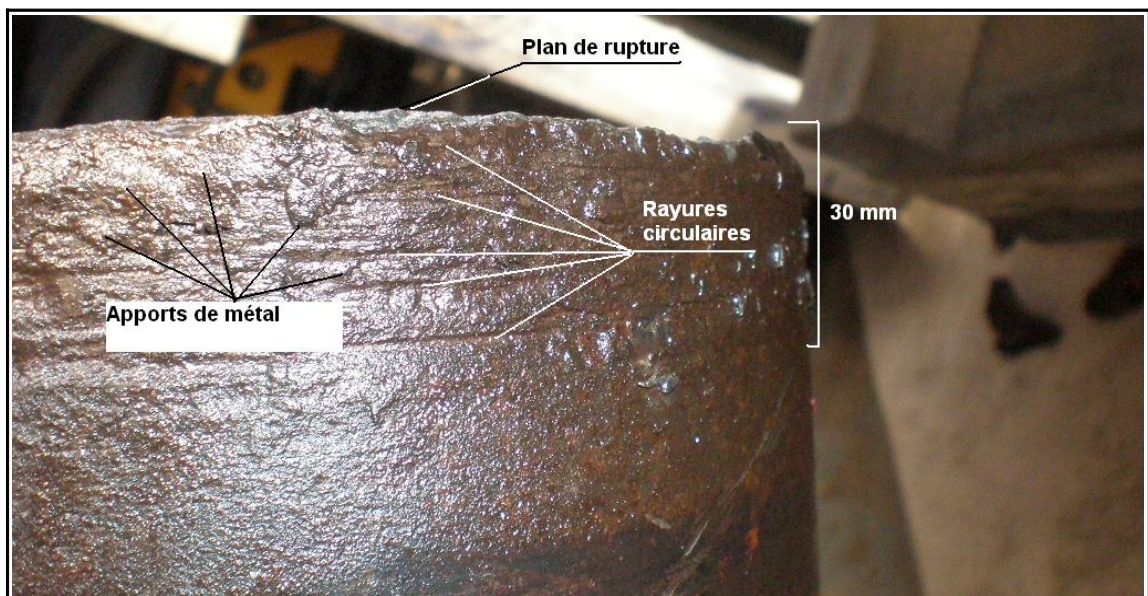


Figure 16 : Aspect de l'axe à proximité du plan de rupture

Disposition des organes des wagons Laaips

Plusieurs wagons de type Laaips étant présents dans l'atelier de SDHF lorsque l'enquêteur du BEA-TT s'y est rendu le 14 mars 2011, il lui a été possible d'examiner les dispositions relatives de leurs organes sous caisse et de leurs essieux pour déterminer la possibilité d'un contact entre ces pièces susceptible de provoquer des rayures et des apports de métal semblables à ceux observés sur l'axe rompu.



Figure 17 : Examen de la timonerie d'un wagon Laaips

Il en ressort que les distances entre les axes des essieux et les organes de timonerie ne permettent pas d'envisager la possibilité d'un tel contact, même dans le cas d'une usure complète des semelles de frein et d'un débattement extrême de la suspension. En outre, il faut noter que la timonerie se trouve dans le plan de symétrie du wagon, alors que les défauts de surface de l'axe rompu sont décalés de 75 mm par rapport à ce plan.

Conclusion de l'examen visuel en atelier

L'axe de l'essieu s'est rompu à la suite d'une fissuration de fatigue amorcée sur des défauts de surface qui se situent dans une zone marquée par des rayures et des apports de métal occasionnés par le frottement prolongé d'un objet métallique non identifié à ce stade.

L'oxydation présente sur cette zone et sur une partie du plan de fissuration montre que l'événement origine de ces dégradations remonte à plusieurs années.

L'examen des parties basses des wagons de type Laaips exclut que leurs organes de timonerie soient à l'origine de ces défauts.

3.5.3 - L'amorçage et la propagation des fissures dans les axes d'essieu

Les distances pouvant être parcourues avant qu'une fissure s'amorce à partir d'un endommagement de surface de l'axe d'un essieu, puis avant que cette fissure atteigne une dimension critique menaçant l'intégrité de l'axe dépendent d'un grand nombre de facteurs, qui sont notamment :

- la profondeur, la forme et la nature de l'endommagement initial ;
- la nature et la qualité de l'acier avec lequel l'axe a été fabriqué ;
- l'amplitude des contraintes variables dans la zone de fissuration ;
- les cycles d'utilisation du matériel roulant concerné.

En outre, ces distances présentent une dispersion importante, notamment dans la phase d'amorçage.

Des études et des essais sur ce thème ont fait l'objet de publications ou de présentations dans les congrès internationaux consacrés aux essieux ferroviaires, notamment lors de celui qui s'est tenu à Qingdao en 1998.

Par exemple, il a été estimé qu'un essieu de train à grande vitesse (TGV), porteur d'une fissure déjà amorcée de plus de 2 mm de profondeur, disposait d'une durée de vie avant rupture de 2 850 jours, ce qui correspond à environ 3 millions de kilomètres.

3.5.4 - Les règles de maintenance des axes d'essieu

La recherche des défauts sous véhicule

Les défauts accidentels à la surface des axes sont recherchés visuellement lors des examens des essieux sous véhicule qui sont effectués lors des révisions des wagons et lors des réparations sur fosse ou en atelier de levage.

A cet égard, le document SJF 456 de Swemaint⁴, l'inventaire des travaux d'examen (ITE 70001) de la SNCF et le livret de maintenance du VPI⁵ retiennent des critères similaires pour apprécier ces défauts.

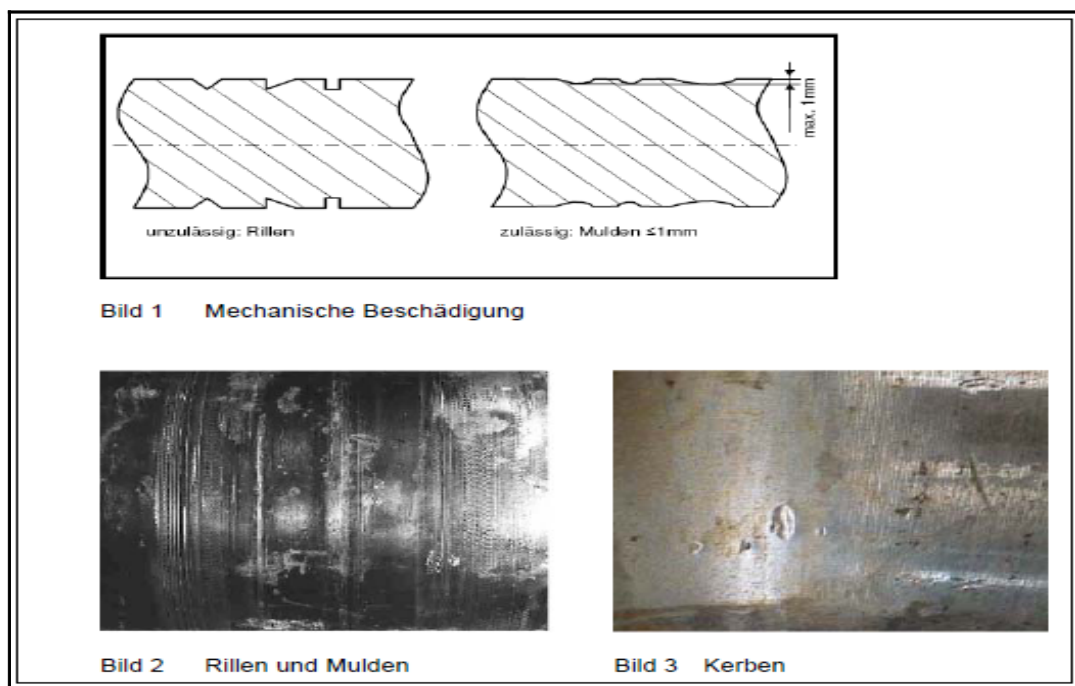


Figure 18 : Extrait du livret de maintenance du VPI

Sont considérées comme inacceptables toutes les rayures circulaires à angles vifs. En revanche, les creux à bords arrondis sont admis lorsque leur profondeur est inférieure à 1 mm.

⁴ Entreprise suédoise de maintenance ferroviaire issue de l'ex-compagnie nationale SJ

⁵ Association allemande de détenteurs de wagons

L'élimination des défauts en atelier de réparation des essieux

Lorsque un essieu subit une révision ou une réparation en atelier, les règles de Swemaint, de la SNCF et du VPI prescrivent d'éliminer par usinage ou par meulage toutes les dégradations (sillons, traces d'usure accidentelle, traces de choc, empreintes...) de la surface de son axe.

La profondeur autorisée pour l'usinage ou le meulage est définie pour chaque zone de l'axe dans les documents de maintenance. Si le défaut est encore apparent une fois cette profondeur atteinte, l'axe doit être mis au rebut.

3.5.5 - L'historique de la maintenance de l'essieu rompu

Historique du wagon à l'origine du déraillement

Le wagon, de type Laaips portant le n°27 80 431 9105-7, a été constitué par le couplage des deux wagons Kbis immatriculés 23 74 338 2356-4 et 23 74 338 2353-1.

Il fait partie d'un lot de 120 wagons du même type modifiés et révisés, pour le compte de la Société NACCO, par la Société Midwaggon à Ånge (Suède), à partir de 240 wagons Kbis acquis par NACCO à la société suédoise NetRail en octobre 2007.

Les opérations de maintenance récentes effectuées sur ce wagon sont les suivantes :

- le 8 février 2008, modification et révision par Midwaggon à Ånge (Suède) ;
- le 24 juin 2009, entretien courant et mesure des cotes des triangles de frein par la Deutsche Bahn (DB) à Mannheim (Allemagne) ;
- 11 février 2010, réparation de la bâche par la DB à Mannheim.

Historique de l'essieu rompu

Les bases de données de maintenance de Green Cargo, entreprise ferroviaire de fret issue de la compagnie nationale suédoise SJ, ont permis de reconstituer l'historique de l'essieu n°336272 rompu à Artenay. Il s'établit comme suit :

- en août 1974, fabrication par ASEA-T-C⁶ ;
- en novembre 1994, mise en place sous le wagon porte-conteneurs n°33 74 4586 084-0 de type Sdgms de Cargonet⁷ ;
- en octobre 1999, dépose pour reprofilage chez Swemaint ;
- en novembre 1999, mise en place sous le wagon n°33 74 4586 190-5 de type Sdgms de Cargonet ;
- en août 2000, dépose pour reprofilage chez Swemaint ;
- en septembre 2000, mise en place sous le wagon n°11 87 3985 145-9 de type Remms de la SNCF ;
- en février 2002, dépose et renvoi en Suède conformément aux règles du régime international des wagons (RIV) et reprofilage ;
- en février 2002, mise en place sous le wagon n°33 74 4586 578-3 de type Sdgms de Cargonet ;
- en octobre 2002, dépose, révision générale, montage de roues neuves, changement des roulements et des boîtes par Swemaint, puis mise en place sous le wagon n°43 74 4318 043-9 de type Laaips de Nordwaggon⁸ ;

⁶ Constructeur suédois de matériel ferroviaire

⁷ Entreprise ferroviaire et opérateur bimodal, ex-filiale de la compagnie nationale SJ

⁸ Détenteur de wagons suédois spécialisé dans les wagons plats à bâchage mécanique et les wagons couverts à parois coulissantes

- en avril 2004, dépose en Autriche et envoi en Suède pour reprofilage chez Swemaint ;
- en juillet 2004, mise en place sous le wagon n°21 74 3382 353-1 de type Kbis de Nordwaggon ;
- en février 2008, maintien en place lors de la modification et du couplage des wagons Kbis 353-1 et 356-4 pour former le wagon Laaips n°27 80 431 9105-7 ;
- le 9 mars 2011, rupture de l'axe à Artenay.

Parcours de l'essieu rompu

L'essieu concerné a parcouru 77 000 km entre octobre 2002, date de sa dernière révision, et février 2008, date de la modification du wagon. De février 2008 au 9 mars 2011, jour de l'accident, il a effectué environ 30 000 km.

Synthèse

Sachant que les interventions réalisées en juin 2009 et en février 2011 à Mannheim ne visaient pas l'examen des axes, les opérations de maintenance où l'axe en cause a dû faire l'objet d'un examen au cours des dix dernières années sont notamment :

- en février 2002, un examen visuel, essieu déposé, lors du reprofilage chez Swemaint ;
- en octobre 2002, un examen visuel, l'élimination des défauts apparents et un contrôle non-destructif lors de la révision générale de l'essieu chez Swemaint ;
- en juillet 2004, un examen visuel, essieu déposé, lors du reprofilage chez Swemaint ;
- en février 2008, un examen visuel sous véhicule dans le cadre de la modification et de la révision du wagon chez Midwaggon à Ånge (Suède).

Il s'y ajoute les examens visuels lors des éventuelles opérations d'entretien courant ou de réparation qui n'ont pas été enregistrées dans les bases de données.

3.5.6 - La maîtrise de la qualité des opérations sous-traitées

NACCO, l'actuel détenteur du wagon incriminé, assume les missions d'entité en charge de la maintenance. A ce titre, il fait effectuer les opérations de maintenance par des entreprises sous-traitantes choisies sur des critères notamment géographiques, économiques et qualitatifs.

Il est titulaire d'une certification ISO 9001 depuis le 9 avril 2003 pour ses activités de location, gestion et maintenance des wagons de fret.

Dans ce cadre, ses relations avec les fournisseurs et sous-traitants devraient être formalisées et les procédures de passation des marchés devraient être explicitées dans son manuel qualité. Or, NACCO n'a pas été en mesure de communiquer ces procédures au BEA-TT.

Les opérations réalisées en 2008 sur le wagon en cause faisaient partie d'un contrat conclu en octobre 2007 entre NACCO et Midwaggon, qui portait notamment sur la modification, le couplage, la révision et la réimmatriculation de 240 wagons Kbis récemment achetés par NACCO à la société suédoise Netrail.

Antérieurement à l'établissement de ce contrat, dans un courriel du 1^{er} août 2007, NACCO avait demandé à Netrail, qui est son représentant en Suède, de faire effectuer une révision générale de ces wagons (general overhaul). Mais, à la lecture des documents contractuels, il n'apparaît pas clairement qu'une telle révision générale ait été incluse dans les prestations convenues. La facture relative aux opérations effectuées sur le

wagon 9105-7 ne mentionne pas une telle révision en bonne et due forme. Seule une « security inspection » y apparaît pour un montant de 174,29 €.

En réalité, l'opération finalement effectuée, appelée FÖ/R dans la nomenclature suédoise, inclut une inspection sur fosse des axes d'essieu et prévoit la dépose de ceux qui présentent des sillons à angles vifs ou des défauts de plus de 1 mm de profondeur.

Au total, il apparaît que les relations contractuelles entre le détenteur et l'atelier prestataire ont manqué de rigueur même si l'opération de maintenance finalement effectuée avait théoriquement une consistance suffisante pour détecter les défauts de l'axe et éliminer l'essieu en cause.

3.5.7 - La recherche de l'origine des défauts de surface de l'axe

Des investigations présentées dans le chapitre 3.3.2, il ressort que l'origine de la rupture de l'axe incriminé est une fissuration de fatigue qui s'est initiée sur des défauts de surface provoqués par le frottement d'un objet métallique et que la disposition des organes sous caisse des wagons de type Laaips et Kbis permet de les mettre hors de cause.

Les bogies du wagon Remms, où l'essieu en cause a été monté de septembre 2000 à février 2002, sont du type Y25 Cstm. Ces bogies sont très répandus ; leur timonerie est symétrique et placée dans l'axe longitudinal ainsi que le montre la figure 19 ci-dessous.

Comme les défauts observés sur l'axe qui a rompu sont décalés de 75 mm environ par rapport à son plan de symétrie, il est peu probable qu'un contact accidentel avec cette timonerie en soit à l'origine.

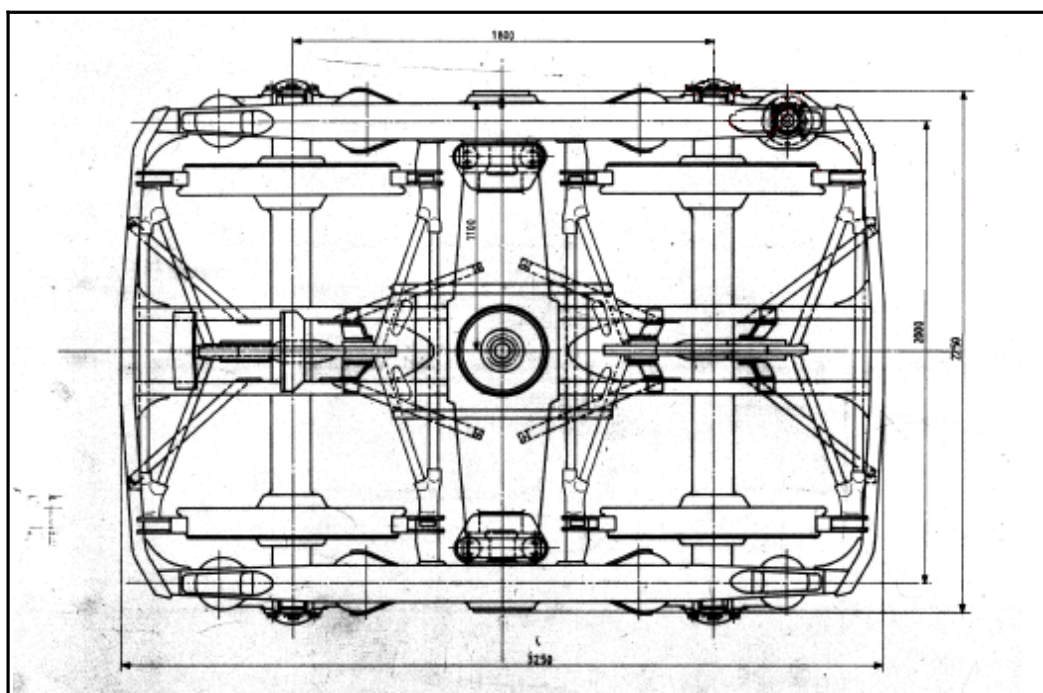


Figure 19 : Plan du bogie du wagon Remms

Les bogies des wagons porte-conteneurs Sdgms, où l'essieu en cause se trouvait avant août 2000 et de février à octobre 2002, sont plus complexes. Comme le montre le dessin ci-après, leur timonerie comporte des éléments asymétriques, notamment un balancier horizontal dont un axe d'articulation est proche de la zone des détériorations de l'essieu.

Accidentellement, suite à un choc, une surcharge, un déraillement ou un désemparement, cet axe ou sa goupille a pu venir en contact avec le corps de l'essieu et provoquer les rayures et apports de métal qui ont été constatés.

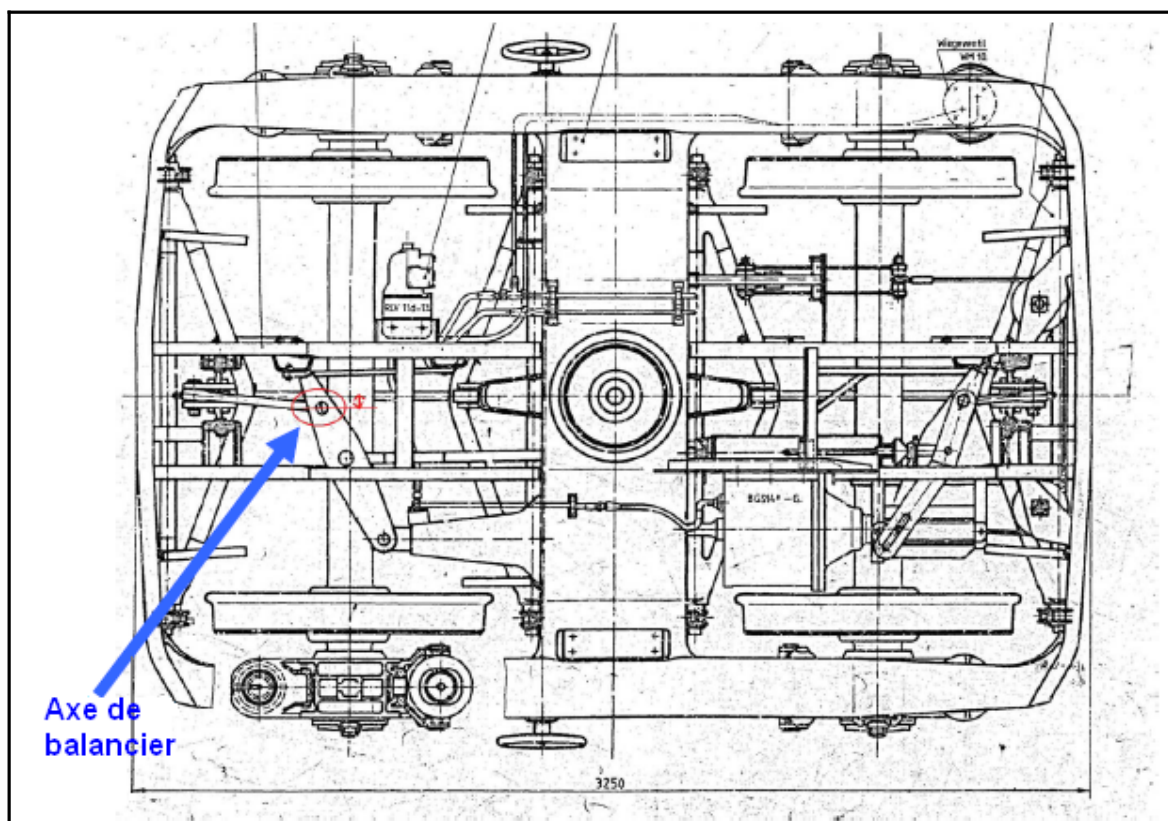


Figure 20 : Plan du bogie du wagon Sdgms

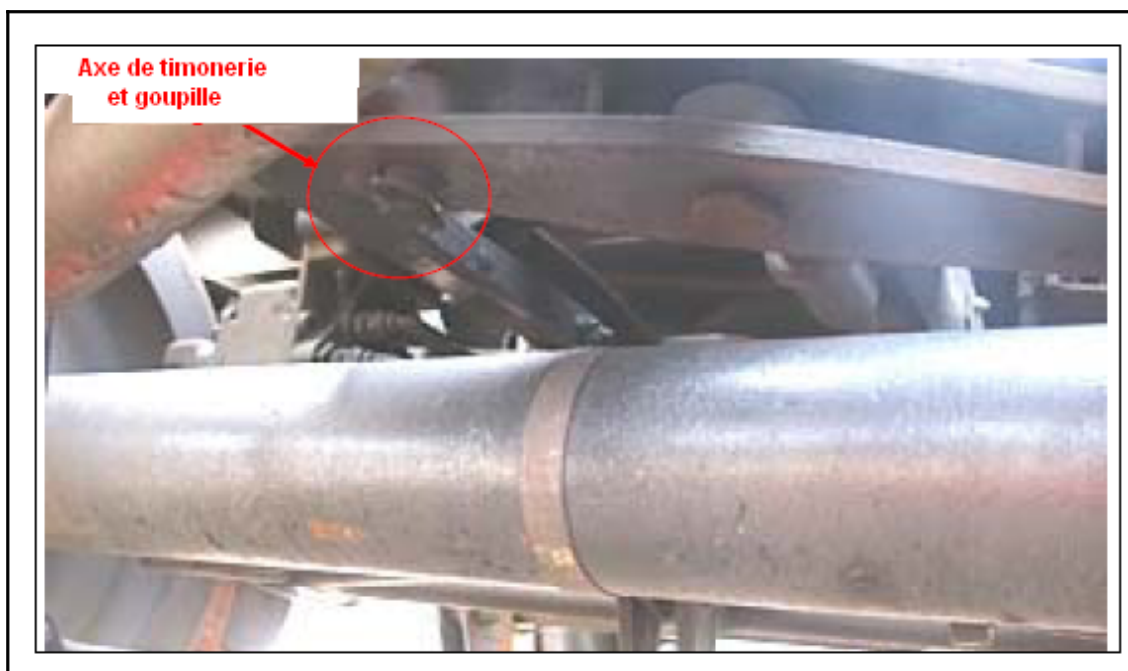


Figure 21 : Timonerie du wagon Sdgms

De plus, sur des wagons de ce type, on observe que les axes d'articulation des balanciers sont positionnés tantôt avec leur goupille en bas, ce qui les rapproche de l'essieu et augmente les risques de rayure de celui-ci, tantôt avec leur goupille en haut, ce qui n'est pas sans inconvénient, car la perte de la goupille provoque la chute de l'axe concerné.

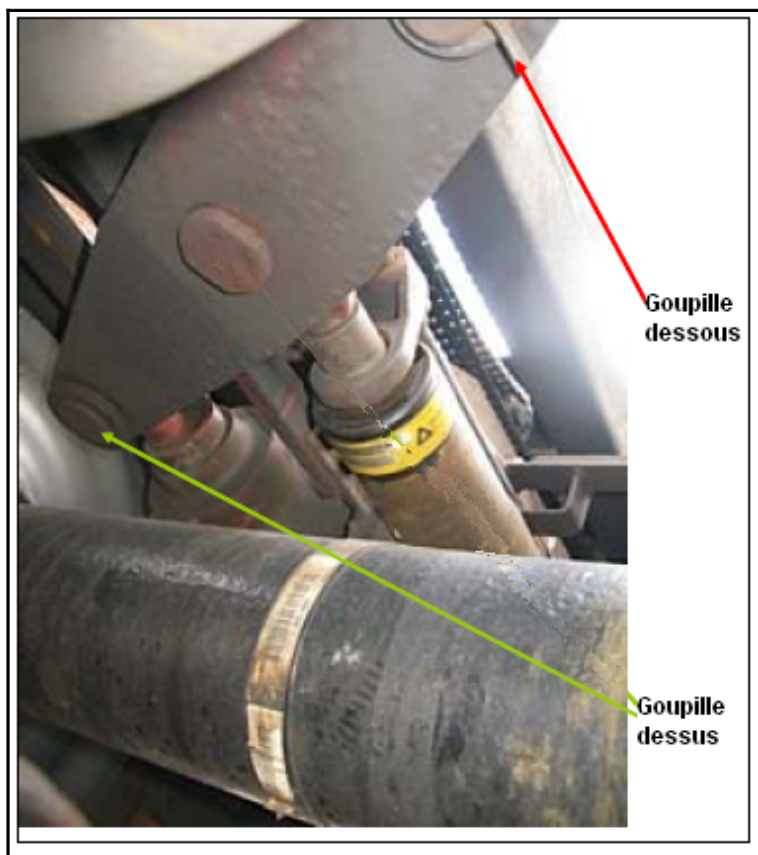


Figure 22 : Positionnement des goupilles

3.5.8 - Le retour d'expérience

En France

Les ruptures d'axes d'essieu par fatigue sont extrêmement rares.

Sur une population de plus d'un million d'essieux montés sur des matériels roulants immatriculés en France, aucune rupture d'axe, en plein corps, n'a été observée depuis plus de 30 ans. La seule rupture connue date de 1998 ; elle a été causée par une fissuration qui s'est amorcée sur des points de corrosion situés au niveau d'une portée de calage de roue.

Les essieux du type 38H ne sont pas utilisés sur les wagons immatriculés en France. Il en est de même, plus généralement, de tous les essieux avec des axes en « diabolos ».

En Suède

En 2008, la société d'ingénierie suédoise Interfleet-Technology a rédigé un rapport sur le retour d'expérience des essieux 38HX, qui sont des essieux de type 38H dont la charge maximale a été portée à 22,5 t.

Ce rapport fait ressortir que sur les 990 wagons équipés d'essieux de ce type, trois ruptures d'axe par fatigue ont été observées :

- en 2002, une rupture au milieu de l'axe initiée sur une trace de choc ;
- en 2003, une rupture au milieu de l'axe initiée sur une trace circulaire de frottement ;
- en 2004, une rupture au congé de raccordement de la portée de calage, attribuée à une possible surcharge du wagon.

La rupture survenue en 2003 est très semblable à celle analysée dans le présent rapport. Le wagon concerné était un porte-conteneurs.

3.5.9 - Le programme européen d'inspection des essieux de wagons

Le 29 juin 2009, la rupture d'un axe d'essieu d'un wagon citerne chargé de GPL en provoque le déraillement, suivi d'une explosion causant la mort de 29 personnes à Viareggio en Italie.

Dès les premières enquêtes, il est apparu que cette rupture était la conséquence d'une fissuration de l'axe concerné au niveau de la portée de collerette et que l'analyse des causes conduisait à s'interroger d'abord sur la maintenance de cet axe, puis, plus largement, sur l'état et la maintenance de l'ensemble des axes d'essieu des wagons en Europe.

A cet effet, un groupe de travail spécialisé a été mis en place par l'agence ferroviaire européenne (ERA) afin de définir les mesures à prendre à court et à plus long termes pour éviter qu'un tel accident ne puisse se reproduire. Ce groupe de travail s'appuie sur les analyses d'un groupe d'experts désignés par les professionnels du secteur ferroviaire concerné (entreprises ferroviaires, industriels, détenteurs de wagons), appelé le Joint Sector Group (JSG).

Le JSG a élaboré un plan d'actions en trois points qui a été approuvé par les agences nationales de sécurité ferroviaire et par l'ERA en décembre 2009, et dont la première concrétisation est le programme européen d'inspection visuelle des essieux de wagon basé sur les critères de l'EVIC⁹.

Ces critères sont un peu plus stricts que ceux qui figurent dans les documents de maintenance du VPI ou de la SNCF. En particulier, ils prescrivent que toute rayure circulaire d'un axe conduise à la dépose de l'essieu concerné, quelles que soient sa profondeur et sa forme.

En application de ce programme, les axes d'essieu doivent être inspectés dès que le wagon subit une opération d'entretien sur fosse ou fait l'objet d'un levage.

La mise en œuvre de ce programme est prescrite à leurs membres par les associations représentatives du secteur et fait partie du contrat uniforme d'utilisation des wagons (CUU).

Elle a commencé le 1^{er} avril 2010. Tous les wagons citernes transportant des matières dangereuses et tous les wagons transportant des substances corrosives doivent être examinés dans les 4 ans ; les autres wagons doivent l'être dans les 6 ans.

31 Défauts mécaniques rainures circulaires avec arrêtes vives		Essieux peints
Constations et conséquences:		
Les rainures sont caractérisées par des arrêtes vives.		
Les défauts mécaniques sous forme de rainures ne sont pas admissibles.		
Décisions:		
Rechercher les causes sur le wagon et réparer en conséquence		
Retirer du service selon		Cas A
Marquer 1 dans la colonne " X " du tableau de suivi de l'EVIC		X

Exemples de défauts:

32 Défauts mécaniques – rainures circulaires sans arête vive		Essieux peints
Constations et conséquences:		
Caractérisées par des contours sans arête vive (GCU Annexe 9, 1.6.2). Les rainures circulaires sont créées en service (par le frottement des timoneries de frein par exemple) et endommagent la protection anti-corrosion.		
Décisions:		
Rechercher les causes sur le wagon et réparer en conséquence		
Retirer du service		Cas B
Si les défauts sont > 1mm: (selon GCU)		Cas A
Marquer 1 dans la colonne " X " du tableau de suivi de l'EVIC		X

Exemples de défauts:

Cas A	Dépose immédiate
Cas B	Dépose après déchargement du wagon

Figure 23 : Extrait du catalogue EVIC concernant la détection des rainures circulaires

4 - Déroulement du processus de détérioration de l'essieu

4.1 - L'événement origine

L'événement à l'origine des sillons et des apports de métal constatés sur l'axe de l'essieu qui a rompu à Artenay n'a pas été identifié avec certitude. Toutefois, au regard des études et des publications portant sur l'amorçage et la propagation des fissures dans les essieux et de l'examen de la géométrie des timoneries des différents wagons sur lesquels l'essieu concerné a été monté, l'hypothèse la plus vraisemblable est que son axe a été détérioré, avant octobre 2002, par le frottement accidentel et prolongé avec un axe de balancier d'un wagon porte-conteneurs de type Sdgms.

4.2 - L'amorçage de la fissure et sa propagation

Les sillons marqués sur le corps de l'essieu concerné ont forcément été vus par les agents de maintenance, lorsque l'axe de balancier qui les a vraisemblablement causés a été réparé. Toutefois, ces agents ont manifestement considéré que ces défauts ne justifiaient pas le remplacement de l'essieu.

L'essieu étant laissé en service, la concentration des contraintes au fond des sillons a été telle que la limite de fatigue de l'acier a été dépassée. Des fissures se sont alors amorcées dont l'une s'est propagée transversalement dans l'axe.

Lors de la révision générale de l'essieu effectuée par Swemaint en octobre 2002, il n'a pas été procédé à l'élimination de ces sillons par usinage, bien que le document de maintenance suédois SJF 456.360.1, en vigueur à l'époque, prescrive cette opération. L'axe a été laissé en l'état.

Si la fissure était déjà amorcée à ce moment, un tel usinage aurait permis ou facilité sa détection visuelle. Si elle n'était pas encore amorcée, l'élimination des sillons aurait évité son apparition en éliminant la cause des concentrations de contraintes.

Par ailleurs, lors de la révision générale d'un essieu, les règles de la SNCF et du VPI prescrivent la recherche de fissures dans son axe par magnétoscopie et ultrasons. Nous n'avons pas eu connaissance des règles SJF concernant ce type de recherche. Quoi qu'il en soit, elles n'ont pas permis d'éliminer l'essieu en cause.

Enfin, lors de la modification du wagon opérée en février 2008 par la société Midwaggon, les essieux ont subi un examen sous véhicule. Quel que soit le référentiel de maintenance appliqué, SNCF, VPI ou SJF, la présence de sillons à arêtes vives aurait dû conduire à la réforme de l'essieu. Tel n'a pas été le cas.

Après cette dernière opération, le wagon concerné n'a plus subi d'opération de maintenance incluant un examen des axes d'essieu sous véhicule.

4.3 - La rupture de l'axe

Au fur et à mesure de la propagation de la fissure, les contraintes dans la partie encore saine de la section concernée de l'axe ont augmenté jusqu'à atteindre la limite de résistance du métal. L'axe s'est alors rompu de façon brutale.

L'approche d'une telle rupture ne se manifeste pas par des symptômes détectables lors des opérations de reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) ou de visite technique (VT) ni lors des opérations de surveillance des trains en marche (STEM). Elle n'influe pas

significativement sur la température de fonctionnement des roulements de boîtes d'essieu ; elle n'est donc pas repérable par les détecteurs de boîtes chaudes (DBC).

Il n'est pas possible de situer exactement le lieu et l'instant de cette rupture, mais dans le cas d'un wagon « à essieux », tel que celui en cause dans le déraillement, une rupture en plein axe se traduit par un déraillement quasi immédiat.

Il est clair qu'un wagon avec un essieu rompu n'aurait pas pu franchir sans dérailler les communications de Chevilly situées 6 km avant Artenay. Le scénario le plus probable est donc que l'essieu se soit rompu juste avant le PK 101,642 à partir duquel les traces de déraillement ont été constatées, une cinquantaine de mètres avant le quai de la gare d'Artenay.

5 - Déroulement de l'accident

5.1 - La formation et la circulation du train n°62858

Le train exploité par Euro Cargo Rail (ECR) est formé le 8 mars 2011 sur l'embranchement Volvic de La-Gravière situé près de Riom (63).

Il est composé de 20 wagons bâchés chargés de palettes d'eau minérale, dont 17 wagons couplés de type Laaips et trois wagons à bogies.

La traction est assurée par la locomotive n°66288 du type Class 66, suivie de la locomotive n°66229 en véhicule.

Sa masse totale est de 1 749 t et sa longueur de 576 m.

Ce train subit les opérations de reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT) et de visite technique (VT) le 8 mars de 18h30 à 19h30 sur une voie de l'embranchement précité. Les essais de frein sont réalisés à partir de 19h30, avec l'engin de traction en tête.

Aucune anomalie n'est détectée au cours de ces visites et essais.

Le départ est donné à 20h02, de l'embranchement.

Le train défile devant les postes de Gannat, Saint-Germain-des-Fossés, Moulins, Saincaize et Vierzon qui ne détectent aucune anomalie lors de la surveillance du train en marche (STEM).

Le dernier poste assurant la STEM avant Artenay est celui de Lamotte-Beuvron situé 80 km en amont du lieu de l'accident. Il ne détecte aucune anomalie.

5.2 - Le déraillement et les mesures immédiates

A 0h47, alors que le train circule à 95 km/h, pour une vitesse maximale autorisée de 100 km/h, et que sa tête a déjà dépassé les quais de la gare d'Artenay, l'essieu de tête du 17^e wagon se rompt et déraile au PK 101,642, soit 50 m avant le quai et 100 m avant le poste de l'agent circulation.

Le wagon déraillé défile devant la gare en projetant des pierres de ballast et en arrachant le passe-pieds situé devant le poste de l'agent circulation.

Après avoir parcouru environ 400 m, le demi-essieu gauche, par rapport au sens de la marche du train, se plante dans le ballast vers le PK 101,250 et laboure la voie en arrachant les entretoises des traverses.

100 m plus loin, ce demi-essieu se détache de son wagon, reste entre les rails et passe sous la queue de la rame en provoquant le déraillement du deuxième et du troisième essieu du wagon, en endommageant les parties basses des trois derniers wagons du train et en faisant dérailler un essieu du 19^e wagon.

Lorsque le train s'arrête suite au freinage déclenché par l'arrachement de la conduite générale du frein (CG), l'avant du wagon dérailleur se situe au PK 100,816 et la tête du train au PK 100,352.

Le conducteur, n'ayant rien constaté d'autre que la chute de pression de la conduite générale du frein, appelle le régulateur pour signaler l'incident qu'il traite comme une simple fuite du circuit pneumatique du frein, sans présumer d'un déraillement.

L'agent circulation d'Artenay, ayant noté les projections de ballast et entendant les échanges radio entre le conducteur et le régulateur, prend les mesures de protection sur les voies 2 et 2 bis.

Cinq minutes environ après l'arrêt, le conducteur part à la visite de son train.

Constatant le déraillement, il alerte l'entreprise ECR puis revient vers sa cabine d'où il appelle le régulateur pour annoncer le déraillement et demander la protection de la voie adjacente. Il est 1h10.

Le régulateur lui demande de vérifier si le gabarit de la voie 2 est engagé. Après s'être assuré que tel n'est pas le cas, le conducteur en informe le régulateur depuis les bureaux de la gare d'Artenay.

6 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

6.1 - La rupture de l'axe et le déraillement

Le déraillement d'Artenay est dû à une cause directe unique : la rupture de l'axe de l'essieu avant du wagon immatriculé 27 80 431 9105-7 détenu par la société NACCO.

Cette rupture est la conséquence d'une fissuration par fatigue de cet axe dans un plan transversal situé à 75 mm du plan de symétrie de l'essieu concerné.

La fissure s'est amorcée à la surface de l'axe, au fond d'un sillon circulaire qui fait partie d'un ensemble de sillons et de détériorations superficielles probablement causé, avant octobre 2002, par le frottement accidentel d'un axe de timonerie d'un wagon porte-conteneurs de type Sdgms, immatriculé en Suède, sur lequel l'essieu en cause avait été monté. Ces avaries n'ont ensuite pas été traitées lors des opérations de maintenance réalisées depuis cet incident dans différents ateliers de maintenance suédois.

Les constats et les investigations effectuées conduisent à rechercher les facteurs causaux de cette rupture d'essieu et les orientations préventives dans les trois domaines suivants :

- les examens des axes d'essieu sous véhicule ;
- la qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux ;
- la qualité des relations contractuelles entre l'entité en charge de la maintenance et les ateliers sous-traitants.

6.1.1 - Les examens des axes sous véhicule

Les sillons et défauts de surface précités, bien que parfaitement visibles, n'ont pas été jugés suffisamment sérieux pour justifier la dépose de l'essieu tant lors de la réparation de l'avarie de timonerie qui les a vraisemblablement causés que lors des différents examens visuels sous véhicule effectués ensuite, notamment lors de la dernière révision du wagon réalisée en février 2008 par Midwaggon.

Les critères en vigueur à cette époque et exposés dans le chapitre 3.5.5 du présent rapport distinguent les rayures circulaires à angles vifs pour lesquelles la dépose de l'essieu est prescrite et les défauts à bords arrondis qui sont considérés comme acceptables lorsque leur profondeur est inférieure à 1 mm et laissés en l'état jusqu'à la révision de l'essieu.

Il n'est pas facile de déterminer, sous un véhicule, si les rayures sont à angles vifs ou à bords arrondis mais, dans le doute, la formation des agents de maintenance aurait dû les conduire à opter pour la solution de sécurité en faisant déposer l'essieu concerné. Tel n'a pas été le cas.

Les critères du catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC), mis en œuvre à partir d'avril 2010, sont plus rigoureux et conduisent dans tous les cas à déposer l'essieu dès lors qu'une rayure circulaire est détectée. Toutefois, au-delà de la période de 6 ans à l'issue de laquelle tous les essieux de wagon doivent avoir été inspectés au regard de ces critères, la pérennité de leur application n'est pas garantie.

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

Recommandation R1 (NACCO)

En tant qu'entité en charge de la maintenance, introduire dans ses propres documents de maintenance et appliquer les critères d'examen des axes sous véhicule définis dans le catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC) ; en tant que membre du *Vereinigung der Privatgüterwagen Interessenten* (VPI), intervenir pour faire aligner les critères du livret de maintenance de cette association professionnelle avec ceux de l'EVIC.

Recommandation R2 (autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise Transportstyrelsen par l'intermédiaire de l'organisme d'enquêtes suédois Statens Haverikommision)

Faire mettre en place, dans les ateliers de maintenance de wagons relevant de sa compétence, une organisation garantissant que les critères définis dans le catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC) seront systématiquement appliqués lors des examens des axes sous véhicule, quel que soit le niveau de l'intervention demandée.

6.1.2 - La qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux

Les sillons et défauts de surface à l'origine de la rupture d'essieu survenu à Artenay n'ont pas été éliminés, alors qu'ils étaient probablement présents lors des opérations de reprofilage ou de révision générale de l'essieu concerné effectuées par Swemaint en février 2002, octobre 2002 et juillet 2004, et bien que ce traitement soit explicitement prescrit par les règles en vigueur à cette époque.

La qualité des interventions effectuées par les ateliers de réparation des essieux étant d'une importance critique pour la sécurité des circulations ferroviaires, le BEA-TT adresse à l'autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise la recommandation suivante :

Recommandation R3 (autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise Transportstyrelsen par l'intermédiaire de l'organisme d'enquêtes suédois Statens Haverikommision)

Vérifier, par des audits et des inspections, que les règles concernant la vérification et la réparation des axes d'essieu sont correctement appliquées dans les ateliers de réparation des essieux relevant de sa compétence.

6.1.3 - La qualité des relations contractuelles

La consistance exacte de l'opération de révision effectuée en 2008 par la société Midwaggon parallèlement à la modification du wagon concerné n'était pas clairement définie dans les documents contractuels établis en 2007 entre la société NACCO, en sa qualité d'entité en charge de la maintenance, et l'atelier de maintenance Midwaggon.

A cette époque, les documents internes de NACCO ne traitaient pas explicitement du choix des sous-traitants et de la formalisation des relations contractuelles à établir avec eux dès lors que la sécurité ferroviaire est concernée.

Aujourd'hui encore, bien que titulaire d'une certification ISO 9001, la société NACCO n'a pas été en mesure de communiquer au BEA-TT ses procédures en la matière.

Bien qu'il n'y ait pas de lien causal entre cette situation et la rupture de l'essieu survenu à Artenay, un examen visuel sous véhicule ayant été effectué, le BEA-TT invite cependant les sociétés NACCO et Midwaggon à compléter leur système de management de la qualité afin, notamment, d'explicitier les règles de sélection et de qualification des sous-traitants et les procédures de contractualisation des opérations de maintenance.

6.2 - L'accident ferroviaire et les mesures immédiates

6.2.1 - La protection du train déraillé

Le conducteur, constatant une chute de la pression de la conduite générale de frein, ne présume pas qu'il est en présence d'un déraillement et traite l'incident comme une simple fuite du circuit pneumatique.

Conformément à cette option, il ne déclenche pas le signal d'alerte lumineux ni l'alerte radio et ne demande pas la protection de son train.

Cette procédure est conforme à la réglementation relative à la sécurité de l'exploitation du réseau ferré national. Le règlement S2C « circulation des trains » applicable en la matière n'impose en effet la présomption d'un déraillement que dans les trois cas suivants :

- dans un tunnel ou à ses abords ;
- lorsque le train franchit ou vient de franchir un tableau indicateur de vitesse imposant une vitesse inférieure ou égale à 50 km/h ;
- en traction électrique, en même temps qu'une mise hors tension de la caténaire.

Les instructions de l'entreprise ferroviaire ECR sont un peu plus restrictives. La fiche 201 de son aide-mémoire du conducteur demande également de présumer un déraillement « lorsque l'observation du train ne permet pas de s'assurer que la voie contiguë n'est pas engagée ».

Le conducteur a jugé que les conditions d'éclairage et de visibilité étaient suffisantes pour lui permettre d'avoir cette assurance. La réalité ne lui a pas donné tort, la voie contiguë étant effectivement dégagée.

En revanche, bien qu'il ne soit pas connu avec précision, le temps écoulé entre l'arrêt du train et l'appel du régulateur par le conducteur peut être estimé entre 3 et 5 mn, ce qui est excessif.

De son côté, l'agent circulation d'Artenay, au vu des projections de ballast et des autres dégâts, a pris de lui-même les mesures de protection du train déraillé, mais n'a pas informé le conducteur ni le régulateur de ses constatations. Plus de 20 mn après l'arrêt du train, le régulateur ne savait toujours pas qu'il avait déraillé.

Cette absence d'information n'a pas eu de conséquence sur le plan strict de la sécurité, les mesures de protection ayant été prises, mais elle a retardé l'appel des astreintes, le traitement de l'incident et le rétablissement de la circulation.

Le BEA-TT invite l'entreprise ferroviaire ECR et la SNCF à rappeler aux conducteurs et aux agents sédentaires l'importance d'informer rapidement le régulateur en cas d'incident.

6.2.2 - L'alerte des services de secours

D'après la consigne EIC CE RG 0003 de l'établissement infrastructure circulation Centre, qui relève de la direction de la circulation ferroviaire de la SNCF, un déraillement ayant des conséquences matérielles importantes relève « des événements de type 2 » qui impliquent le concours des services de secours publics et l'information du préfet.

L'alerte des services de secours n'a pas été déclenchée et la gendarmerie n'a été informée de l'accident que 12 heures après les faits.

Le BEA-TT invite la SNCF à rappeler aux établissements infrastructure circulation la nécessité de respecter les prescriptions relatives à l'alerte des services de secours et des autorités en cas d'accident.

7 - Conclusions et recommandations

7.1 - Les causes de l'accident

Le déraillement d'Artenay est dû à une cause directe unique : la rupture de l'axe de l'essieu avant du wagon immatriculé 27 80 431 9105-7 détenu par la société NACCO.

Cette rupture est la conséquence d'une fissuration par fatigue de cet axe dans un plan transversal situé à 75 mm du plan de symétrie de l'essieu concerné.

La fissure s'est amorcée à la surface de l'axe, au fond d'un sillon circulaire qui fait partie d'un ensemble de sillons et de détériorations superficielles probablement causé, avant octobre 2002, par le frottement accidentel d'un axe de timonerie d'un wagon porte-conteneurs de type Sdgms, immatriculé en Suède, sur lequel l'essieu en cause avait été monté. Ces avaries n'ont ensuite pas été traitées lors des opérations de maintenance réalisées depuis cet incident dans différents ateliers de maintenance suédois.

L'analyse des causes de cet accident conduit à formuler des recommandations dans les deux domaines suivants :

- les examens des axes d'essieu sous véhicule ;
- la qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux.

Par ailleurs, l'examen des documents contractuels relatifs à la dernière révision du wagon incriminé conduit le BEA-TT à inviter les sociétés NACCO et Midwaggon à compléter leur système de management de la qualité afin notamment d'explicitier les règles de sélection et de qualification des sous-traitants et les procédures de contractualisation des opérations de maintenance.

De plus, il ressort de l'examen de la mise en œuvre des mesures de protection du train déraillé que l'entreprise ferroviaire ECR et la SNCF doivent rappeler à leurs conducteurs et agents sédentaires l'importance d'informer rapidement le régulateur en cas d'incident.

Enfin, à la lumière des écarts constatés dans l'alerte des services de secours et dans l'information des autorités, il est souhaitable que la direction de la circulation ferroviaire de la SNCF rappelle aux établissements infrastructure circulation la nécessité de respecter les prescriptions applicables en la matière en cas d'accident.

7.2 - Les recommandations

7.2.1 - Les examens des axes d'essieu sous véhicule

Recommandation R1 (NACCO)

En tant qu'entité en charge de la maintenance, introduire dans ses propres documents de maintenance et appliquer les critères d'examen des axes sous véhicule définis dans le catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC) ; en tant que membre du *Vereinigung der Privatgüterwagen Interessenten* (VPI), intervenir pour faire aligner les critères du livret de maintenance de cette association professionnelle avec ceux de l'EVIC.

Recommandation R2 (autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise Transportstyrelsen par l'intermédiaire de l'organisme d'enquêtes suédois Statens Haverikommission)

Faire mettre en place, dans les ateliers de maintenance de wagons relevant de sa compétence, une organisation garantissant que les critères définis dans le catalogue européen d'inspection visuelle des essieux (EVIC) seront systématiquement appliqués lors des examens des axes sous véhicule, quel que soit le niveau de l'intervention demandée.

7.2.2 - *La qualité des interventions des ateliers de réparation des essieux*

Recommandation R3 (autorité nationale de sécurité ferroviaire suédoise Transportstyrelsen par l'intermédiaire de l'organisme d'enquêtes suédois Statens Haverikommission)

Vérifier, par des audits et des inspections, que les règles concernant la vérification et la réparation des axes d'essieu sont correctement appliquées dans les ateliers de réparation des essieux relevant de sa compétence.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Rapport d'expertise visuelle de l'axe

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

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

Le Directeur

La Défense, le 11 mars 2011

DECISION

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

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

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

Vu les circonstances du déraillement d'un train de marchandises survenu le 9 mars 2011 à Artenay (Loiret) ;

DECIDE

Article 1 : Une enquête technique, effectuée dans le cadre du titre II du livre VI de la 1^{re} partie du code des transports susvisé, est ouverte concernant le déraillement du train de marchandises n° 82858, survenu le 9 mars 2011 à Artenay (Loiret).

Le directeur du BEA-TT



Jean-Gérard KOENIG

Tour Voltaire 92055 La Défense Cedex
Tél. : 01 40 81 23 27 - www.bea.td.developpement-durable.gouv.fr

Annexe 2 : Rapport d'expertise visuelle de l'axe



EXPERTISE SUR SITE DE LA RUPTURE D'ESSIEU D'ARTENAY DU WAGON NACCO N°27 80 431 9105-7

DOC023783 / MES011411

La commercialisation de nos prestations est assurée par :

EURAILTEST
RAILWAY CONSULTANCY, ENGINEERING AND TESTING

1 boulevard Saint-Martin – 75003 Paris France
Tél. 00 +33 (0)1 44 61 93 20 - Fax 00 +33 (0)1 44 61 93 21
eurailtest@eurailtest.com - <http://www.eurailtest.com>

Laboratoire Matériaux - Environnement - Structures

Destinataire :

A l'attention de M BONGUARDO Yann
NACCO S.A.S.
40, rue la boétie
75008 PARIS

**EXPERTISE SUR SITE DE LA RUPTURE D'ESSIEU
D'ARTENAY DU WAGON NACCO N°27 80 431 9105-7**

Résumé :

En l'état actuel de l'expertise et ce sans avoir pu porter atteinte à l'intégrité des pièces, il est possible d'affirmer qu'il s'agit d'une rupture par fatigue en flexion rotative sous faible niveau de chargement. Cette fissure s'est initiée sur un défaut en surface induisant une concentration de contrainte.

Elaboration du rapport

Rédacteur

Nom : FERAUD Philippe
Fonction : Expert organe de roulement
Tel : 01 47 18 83 72

Vérificateur

Nom : SAINT-AYES Gregory
Fonction : Responsable de pole de compétence
Tel : 01 47 18 83 03

Approbation du rapport

Nom : TRANCART Jean-luc
Fonction : Responsable de pole
Tel : 01 47 18 83 53
*Rapport signé numériquement par le responsable
de l'unité technique (ou son délégataire ci-dessus) :*



<http://www.certeurope.fr/verifier-une-signature.php>

Seule la version française de ce rapport fait foi

Avertissement :

Les résultats présentés dans ce document ne se rapportent qu'aux produits soumis à l'essai, suivant les conditions indiquées dans son contenu. La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 pages de texte et 3 pages d'annexes.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1 - OBJET	3
2 - PIÈCES SOUMISES A EXAMEN	3
3 - EXAMENS	3
3.1 - Examen Visuel	3
3.2 - Examen fracotgraphique	5
4 - CONCLUSION	6

ANNEXES

Annexe 1	Références de l'essieu	1 feuille
Annexe 2	Vue générale de la rupture de l'essieu.	1 feuille
Annexe 3	Dégradation de la partie droite de l'essieu	1 feuille

1 - OBJET

Suite au déraillement du train ECR n° 62858 provoqué par la rupture d'un essieu du wagon NACCO n° 27 80 431 9105-7, l'entreprise NACCORAIL a mandaté EURAILTEST pour une première expertise visuelle sur site.

2 - PIECES SOUMISES A EXAMEN

L'essieu rompu portant les inscriptions suivante : 336272 - U - 8 - 14 - 38 -SJ 1 - 67 - 85 (annexe 1 photo 1).

3 - EXAMENS

3.1 - Examen Visuel

L'essieu présente une rupture dans le corps de l'axe à environ 550mm de la portée de calage dans la partie tronconique côté droit (schéma 1 et annexe 2, photo 1).

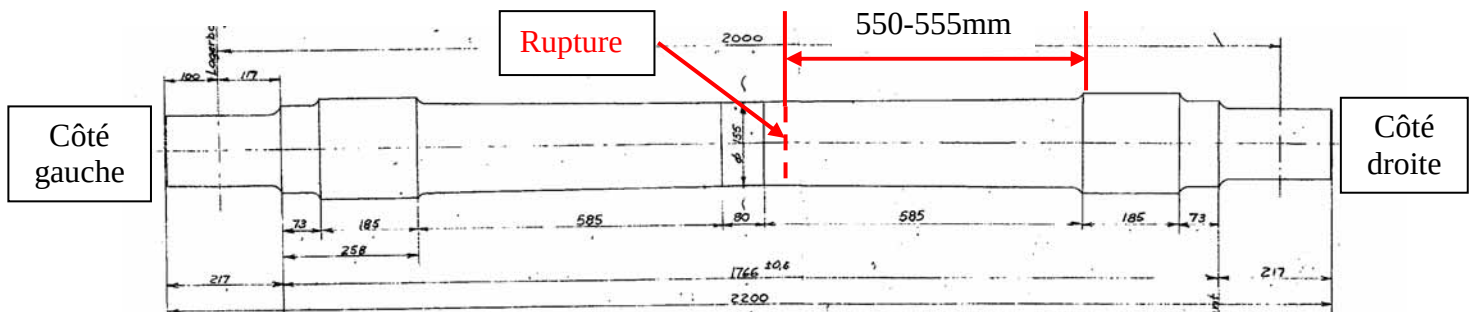


Schéma 1 : localisation de la rupture.

La partie de l'essieu côté droit ayant subi de fortes dégradations provenant du choc avec les wagons suivants et le ballast, n'est pas exploitable pour les examens visuels et fractographique (annexe 3, photos 1 et 2).

L'examen visuel de la partie gauche de l'essieu présente à sa surface de nombreuses dégradations récentes (brillantes) consécutives au déraillement (photo 1).



Photo 1 : dégradation sur le corps de l'essieu côté gauche de la rupture.

Aux abords de la rupture, on observe des griffures circonférentielles visibles sur 360° avec la présence d'amas métalliques sur environ 30mm de large (photos 2 et 3).



L'état d'oxydation de la zone dégradée (photo 2) démontre son antériorité au déraillement.

Les amas métalliques sont adhérents à la surface de l'essieu (impossibilité de les détacher à la main).

On peut remarquer au bord de la rupture une déformation plastique (forme d'évasement) à la surface du corps provoqué par le frottement du bord de la rupture sur une autre partie métallique (photo 2).

3.2 - Examen fracotgraphique

Le faciès de rupture présente deux zones distinctes : une zone de fissuration progressive dite de fatigue avec des lignes d'arrêts, et une zone de rupture brutale dite de rupture finale (photo 4). La zone de fissuration occupe environ 75% de la rupture.



Photo 4 : faciès de rupture.

La zone de fissuration est caractéristique d'une fissuration progressive sous un chargement de flexion rotative sous faible niveau de chargement avec effet de concentration de contrainte moyen. La présence d'une zone oxydée et d'une zone brillante est la preuve d'une propagation en deux étapes, une plus ancienne ayant eu le temps de s'oxyder et une plus récente et rapide (brillante).



Photo 5 : zones d'amorçage.

La zone périphérique de la rupture comprenant la zone d'amorçage est totalement matée.

Toutefois, la forme des lignes d'arrêts proches de l'amorçage et la présence d'au moins une ligne de crête sont la preuve d'un multi-amorçage en surface (photo 5).

Les zones d'amorçage sont données à titre d'information et ne représentent pas la taille des amorces.

4 - CONCLUSION

En l'état actuel de l'expertise et ce sans avoir pu porter atteinte à l'intégrité des pièces, il est possible d'affirmer qu'il s'agit d'une rupture par fatigue en flexion rotative sous faible niveau de chargement. Cette fissure s'est initiée sur un défaut en surface induisant une concentration de contrainte.

5 - AVIS

La morphologie des dégradations observées en surface dans la zone de la rupture (griffures), peut créer des concentrations de contraintes et probablement amorcer une fissuration en fatigue.

La présence sur 360° des griffures ainsi que celles d'amas métalliques laissent à penser un frottement d'une pièce métallique non identifiée sur l'essieu.

L'apparition des ces défauts n'est pas encore expliquée.

Toutes ces hypothèses seront à confirmer au cours d'une expertise approfondie en laboratoire.

SNCF - AEF MES011411 DOC023783	EXPERTISE SUR SITE DE LA RUPTURE D'ESSIEU D'ARTENAY DU WAGON NACO N° 27 80 431 9105-7 Références de l'essieu	Annexe 1 f 1/1
---	---	-------------------------------------



Photo 1 : Références de l'essieu.

SNCF - AEF MES011411 DOC023783	EXPERTISE SUR SITE DE LA RUPTURE D'ESSIEU D'ARTENAY DU WAGON NACCO N° 27 80 431 9105-7 Vue générale de la rupture de l'essieu.	Annexe 2 f 1/1
---	---	-------------------------------------



Photo 1 : vue générale de la rupture de l'essieu.

SNCF - AEF MES011411 DOC023783	EXPERTISE SUR SITE DE LA RUPTURE D'ESSIEU D'ARTENAY DU WAGON NACCO N° 27 80 431 9105-7 Dégradation de la partie droite de l'essieu	Annexe 3 f 1/1
---	---	-------------------------------------



Photo 1 : vue de la rupture de l'essieu côté droit.



Photo 2 : vue du corps aux abords de la rupture de l'essieu côté droit.

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

Tour Voltaire 92055 - La Défense cedex
Tél. : 01 40 81 21 83 - Fax : 01 40 81 21 50
cgpc.beatt@developpement-durable.gouv.fr
www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

