BEATT Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

RAPPORT D'ENQUÊTE TECHNIQUE

sur le déraillement en ligne du train n° 50 233 survenu le 19 août 2020 à Saint-Julien-du-Sault (Yonne)

Février 2024

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. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. 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.

La structure du rapport est conforme aux prescriptions de l'ERA. Si elle est justifiée sur le plan méthodologique, elle induit ce qui peut apparaître au lecteur comme des répétitions.
Il est conseillé de consulter et utiliser le sommaire dynamique.

Glossaire

- **AC** : Agent-Circulation
- **AEL** : Affaissement Écrasement Localisé
- **ANOT** : Avis d'ANOmalie au Train
- **ATESS** : Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité Statique
- **CEN :** Comité Européen de Normalisation
- **CETIM** : CEntre Technique des Industries Mécaniques
- **CG** : Conduite Générale du freinage
- **COGC** : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
- **CUU** : Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons
- **DBC** : Détecteur de boîte Chaude
- **DFS** : Détecteur de Frein Serré
- **ECE** : Entité en Charge de l'Entretien
- **EPSF** : Établissement Public de Sécurité Ferroviaire
- **GI** : Gestionnaire d'Infrastructure (SNCF réseau)
- **LDCT** : Lille Dourges Conteneurs Terminal (Plate-forme multimodale) (société)
- **ME120** : Train de Messagerie autorisé à 120 km/h
- **RAT :** Reconnaissance de l'Aptitude au Transport
- **RFN :** Réseau Ferré National
- **SAL** : Signal d'Alerte Radio (train)
- **SAR** : Signal d'Alerte Lumineux (train)
- **STEM** : Surveillance des Trains en Marche (humaine en gare)
- **VPI** : Association allemande des détenteurs de wagons de marchandise en Allemagne ou « Vereinigung des Privatgüterwagen Interessenten » avec plus de 265 entreprises affiliées

Bordereau documentaire

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 du train n° 50 233 survenu le 18 août 2020 à Saint-Julien-du-Sault (89)
N° ISRN : EQ-BEAT—24-1--FR
Affaire n° BEATT-2020-06
Proposition de mots-clés : infrastructure, détecteur de boîte chaude, boîtes d'essieu

SOMMAIRE

1 - SYNTHÈSE....1

SUMMARY (english version)....2

2 - L'ENQUÊTE ET SON CONTEXTE....3

2.1 - Les circonstances de l'accident....3

2.2 - Le bilan de l'accident....3

2.3 - L'engagement de l'enquête....4

3 - LA DESCRIPTION DU FAIT SURVENU....5

3.1 - Le contexte de l'accident....5

3.1.1 - Le train 50 233....5

3.1.2 - Les intervenants du transport....6

3.1.3 - Le site de l'accident....6

3.1.4 - Les organes de roulement des wagons de marchandise....9

3.1.5 - Les détecteurs de boîte chaude....12

3.1.6 - La météorologie....14

3.2 - Description factuelle des événements....15

3.2.1 - Les résumés des témoignages....15

3.2.2 - Le dépouillement des enregistrements des paramètres de conduite....21

3.2.3 - Les alarmes générées par les DBC....24

3.2.4 - Les dommages aux wagons accidentés....25

3.2.5 - Engagement du gabarit de la V1 par le wagon déraillé....27

3.2.6 - Les dommages à l'infrastructure....28

3.2.7 - Le récapitulatif espace-temps des faits majeurs survenus....29

4 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES....31

4.1 - Analyse du wagon déraillé....31

4.1.1 - Le bogie sinistré....31

4.1.2 - L'essieu à l'origine du déraillement....32

4.1.3 - Le second essieu du bogie accidenté....39

4.1.4 - Les opérations de maintenance de l'essieu et de la boîte accidentée....39

4.1.5 - Synthèse opérations de maintenance....42

4.2 - Analyse des relevés DBC....43

4.2.1 - Le DBC de Boisleux....44

4.2.2 - Le DBC de Dommartin....44

4.2.3 - Le DBC de Liancourt....45

4.2.4 - Le DBC de Bobigny....46

4.2.5 - Le DBC de Moret....46

4.2.6 - Synthèse DBC....47

4.3 - Analyse des Facteurs Organisationnels et Humains....48
4.3.1 - Généralités....48
4.3.2 - Les agents acteurs de l'événement....48
4.3.3 - Gestion de l'Alarme Simple au DBC de Bobigny....49
4.3.4 - Gestion de l'Alarme Simple au DBC de Moret....52
4.3.5 - Gestion du signalement du train croiseur avant Saint-Julien-du-Sault....54
4.3.6 - Synthèse des facteurs organisationnels et humains....56
4.4 - Le déroulement reconstitué de l'accident et des secours....57

5 - CONCLUSIONS....59
5.1 - Arbre des causes....59
5.2 - Les causes du déraillement....60
5.3 - Les mesures prises par Fret SNCF depuis le déraillement....62
5.4 - Le retour d'expérience sur le réseau français....63
5.4.1 - Le déraillement de Jonzac....63
5.4.2 - Les alarmes danger sur le RFN lors de l'année 2022....63
5.5 - Le retour d'expérience de réseaux étrangers....64
5.5.1 - La Suisse....64
5.5.2 - L'Allemagne....65
5.5.3 - L'italie....66
5.5.4 - Estimation de la distance optimale entre DBC....66

6 - LES RECOMMANDATIONS....67
6.1 - La maintenance des organes de roulement....67
6.2 - Assistance aux opérateurs quant au traitement des alarmes DBC....68
6.3 - Fréquence d'implantation des DBC....69

RECOMMANDATIONS (english version)....71
Maintenance of running gear....71
Assistance to operators in handling HBD alarms....72
Frequency of installation of HBDs....73

ANNEXES....74
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête....75
Annexe 2 : Déroulé des événements....76
Annexe 3 : Documents relatifs à la révision de l'essieu sinistré....79
Annexe 4 : Textes réglementaires traitant des seuils des DBC....80
Annexe 5 : Alarmes DBC de Bobigny et de Moret....81
Annexe 6 : Fiche 105 du *memento* du conducteur de ligne....82

Règlement général de protection des données....83

1 - Synthèse

Le mercredi 19 août 2020, à 5 h 07, le train de fret n° 50 233 composé d'un engin moteur et de 31 wagons, en provenance de Dourges (62) et à destination de Vénissieux (69), s'immobilise en pleine voie entre les communes de Villeneuve-sur-Yonne et Saint-Julien-du-Sault (89). Cet arrêt a été initié par une fuite de la conduite générale. Le train avait déraillé depuis 8 km et occasionné des dommages importants à l'infrastructure.

Une fois à l'arrêt, le conducteur du train effectue la visite du train et constate le déraillement du bogie avant du 29e wagon. Ce wagon était chargé de deux conteneurs-citernes transportant de l'acétate d'éthyle, matière dangereuse inflammable.

La cause directe du déraillement est la rupture de la fusée droite du 125e essieu du train consécutive à un blocage de la boîte d'essieu, elle-même consécutive à un défaut de forgeage de la roue qui a engendré un défaut de circularité de sa table de roulement.

Le défaut de circularité de la roue avant droite du wagon incidenté a occasionné la détérioration de la boîte d'essieu. Les systèmes détecteurs de boîte chaude ont mesuré son échauffement progressif à mesure de l'avancement du train. L'échauffement anormal de cette boîte n'a pu être identifié par le conducteur malgré les deux visites du train suite à deux alarmes simples « boîte chaude » générées par les systèmes de Bobigny et de Moret. La poursuite de la marche du train a conduit à un échauffement excessif de la boîte jusqu'à la rupture de la fusée de l'essieu. Après rupture de la fusée et déraillement de l'essieu correspondant, le train a poursuivi sa marche sur environ 8 km avant de s'immobiliser au Pk 131,5 à proximité de Saint-Julien-du-Sault.

Cette enquête amène le BEA-TT à formuler quatre recommandations et une invitation en lien avec :

- La maintenance des organes de roulement des matériels roulants : généraliser, lors de toutes opérations de maintenance du wagon en atelier, l'examen des indices de défauts de circularité des roues définis dans les normes CEN et référentiels du Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons. Il s'agit de faire modifier en conséquence la norme EN 15 313 et le guide de VPI afférent pour couvrir ce risque, considérant que ce défaut était en devenir depuis la mise en service de la roue (notamment en mai 2019 lorsque l'Entreprise en charge de l'entretien (ECE) a reçu le wagon sans le détecter).
- L'outillage et l'assistance aux conducteurs Fret opérant sur le RFN quant au traitement des alarmes de détection de boîtes chaudes (DBC) :
  - doter les conducteurs d'outils facilitant la visite du train dans la reconnaissance des boîtes chaudes ;
  - actualiser les connaissances des conducteurs de train de fret au regard des procédures DBC ;
  - revisiter les référentiels de conduite afin de mieux traiter le cas d'une seconde Alarme Simple survenant sur une même boîte et le cas d'une Alarme Simple non avérée.
- La centralisation des informations de températures et des alarmes des systèmes de détection des boîtes chaudes et freins serrés afin d'en optimiser l'exploitation et le soutien aux opérateurs, agents circulation, conducteurs et mainteneurs de l'infrastructure.
- La fréquence d'implantation des DBC en fonction du type de trafic fret actuel (vitesse, charge à l'essieu…) et du niveau de risque résiduel acceptable.
- La sensibilisation des acteurs du gestionnaire de l'infrastructure, agents circulation et mainteneurs de l'infrastructure, sur les impacts des DBC sur le niveau de sécurité du système.

Summary (english version)

On Wednesday 19 August 2020, at 5.07 am, freight train no. 50 233, comprising a locomotive and 31 wagons, coming from Dourges and bound for Vénissieux, came to a halt in the middle of the track between the towns of Villeneuve-sur-Yonne and Saint-Julien-du-Sault (89). The stoppage was caused by a leak in the brake pipe. The train had derailed 8 km and caused major damage to the infrastructure. Once at the stop, the train driver carried out an inspection of the train and noted the derailment of the front bogie of the 29e wagon. This wagon was loaded with two tank containers carrying ethyl acetate, a flammable hazardous material.

The direct cause of the derailment was the breakage of the right-hand spindle of the 125th axle of the train following a blockage of the axle-box, itself the result of a forging defect in the wheel which generated a defect in the circularity of its running surface.

The lack of circularity of the right-hand front wheel of the incident wagon caused the axle-box to deteriorate. The hot box detection systems measured the progressive heating of the axle-box as the train moved forward. The abnormal heating of this box could not be identified by the driver despite two visits to the train following two simple "hot box" alarms generated by the Bobigny and Moret systems. Continuing to run the train led to excessive heating of the box until the axle spindle broke. After the spindle broke and the corresponding axle derailed, the train continued for about 8 km before coming to a halt at Pk 131.5 near Saint-Julien-du-Sault.

As a result of this investigation, the BEA-TT has issued four recommendations and one invitation relating to:

- Maintenance of rolling stock running gear: during all wagon maintenance operations in the workshop, generalise the examination of wheel circularity defect indices defined in the CEN standards and the Uniform Contract of Use for Wagons. Standard EN 15 313 and the related VPI guide need to be amended accordingly to cover this risk, given that this defect has been developing since the wheel was put into service (in particular in May 2019 when the company in charge of maintenance (ECE) received the wagon without detecting it);

- Tools and assistance for Freight drivers operating on the RFN to deal with hot box detection (HBD) alarms:
  - equip drivers with tools to help them visit the train and recognise hot boxes;
  - update freight train drivers' knowledge of HBD procedures;
  - revisit the driving guidelines in order to better deal with the case of a second Simple Alarm occurring on the same box and the case of an Unconfirmed Simple Alarm.

- Centralising temperature informations and alarms from hot box and brake application detection systems in order to optimise operation and support for operators, traffic agents, drivers and infrastructure maintainers;

- The frequency of installation of HBDs depending on the type of current freight traffic (speed, axle load, etc.) and the acceptable level of residual risk;

- Raising awareness of the impact of HBDs on the system's level of safety among the infrastructure manager's staff, traffic agents and infrastructure maintainers.

2 - L’enquête et son contexte

2.1 - Les circonstances de l’accident

Le mercredi 19 août 2020, à 5 h 07, le train de fret n° 50 233 composé d’un engin moteur et de 31 wagons, en provenance de Dourges (62) et à destination de Vénissieux (69), s’immobilise en pleine voie entre les communes de Villeneuve-sur-Yonne et Saint-Julien-du-Sault (89). Cet arrêt a été effectué par le conducteur du train suite à la réception du signal d’alerte radio (SAR) émis par le conducteur d’un train croiseur n° 733 000 après avoir constaté des étincelles en queue du train n° 50 233.

Une fois à l’arrêt, le conducteur du train effectue la visite du train et constate le déraillement du bogie avant du 29e wagon. Ce wagon était chargé de deux conteneurs-citernes transportant de l’acétate d’éthyle, matière dangereuse inflammable (code danger 33, code ONU 1173).

Le déraillement a eu lieu sur la voie principale 1bis de la ligne 830 000 qui relie Paris à Marseille en passant par Dijon et Lyon.

Cet accident aurait pu avoir des conséquences bien plus graves si un train était venu percuter le wagon sur la voie adjacente compte tenu de son engagement de gabarit.

Figure 1 : Wagon de matière dangereuse déraillé *(Source SNCF)*

2.2 - Le bilan de l’accident

Le bilan est purement matériel. Il n’a occasionné aucune blessure physique du conducteur du train, seule personne à bord.

Le 29e wagon du train, identifié sous le numéro 33 87 4549 131-0 transportait deux conteneurs.

Le wagon déraillé a versé à droite sans impacter son chargement. Les secours se sont déplacés sur les lieux de l’accident et ont écarté tout risque en matière d’incendie, d’explosion et d’atteinte potentielle à l’environnement.

En revanche, des dégâts importants ont affecté le wagon et l’infrastructure ferroviaire.

Concernant les dégâts observés sur le wagon, la boîte du 1er essieu du bogie avant côté droit a été arrachée et s'est partiellement désintégrée. Elle a été récupérée au point kilométrique 123,605 soit à 7,275 km en amont de l'arrêt du convoi, ainsi que différentes pièces de la suspension du bogie et des semelles de frein. Par ailleurs, des morceaux de ballast projetés par l'essieu déraillé ont marqué plus ou moins en profondeur, différentes zones du châssis du wagon et des composants du système de freinage.

Le déraillement de l'essieu a provoqué :

- Une dégradation de l'infrastructure du Pk 123,48 au Pk 130,88. Il s'agit essentiellement de traverses en béton qui ont été entaillées, des attaches élastiques rail de gauche et des équipements de signalisation électrique à la voie qui ont été détruits.
- Un engagement du gabarit de la voie contiguë sans conséquences sur le linéaire concerné, le wagon ayant versé suite à la perte de la boîte d'essieu.

2.3 - L'engagement de l'enquête

Au vu des circonstances de cet accident et de sa gravité, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 21 août 2020 une enquête technique en application des articles L. 1621-1 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 du Code des transports.

L'enquête vise à identifier les causes et circonstances de l'accident afin d'établir des recommandations. Le montant des dommages de l'accident a été évalué en analyse immédiate par le BEA-TT comme supérieur à 15 M€ hors pertes d'exploitation.

Les enquêteurs du BEA-TT ont contacté les autorités de gendarmerie en charge de l'enquête de flagrance. Celle-ci n'a pas donné lieu à l'ouverture de poursuite. Les enquêteurs se sont rendus sur place et ont rencontré les représentants du gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire (GI), ainsi que les représentants des entreprises intéressées. Ils ont interviewé les personnels et les conducteurs directement impliqués dans l'évènement concerné. Ils ont pu librement disposer de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à leur enquête et à leurs analyses.

Une procédure au Tribunal de commerce de Sens a été initiée. Une expertise de justice a été ordonnée et le BEA-TT a pu bénéficier de ses travaux.

3 - La description du fait survenu

3.1 - Le contexte de l'accident

3.1.1 - Le train 50 233

Le train de messagerie n° 50 233 était opéré par l'EF Fret SNCF et transportait entre autres des matières dangereuses (acétate d'éthyle – code danger 33, code ONU 1173). La marche du train était origine Dourges et terminus Vénissieux. Le convoi était composé de 31 wagons spécialisés de type porte-caisses mobiles (wagon poche). La traction était assurée par une locomotive bicourant BB 27 025. La longueur du train était de 637 m, son tonnage total était de 1 512 t (140 essieux).

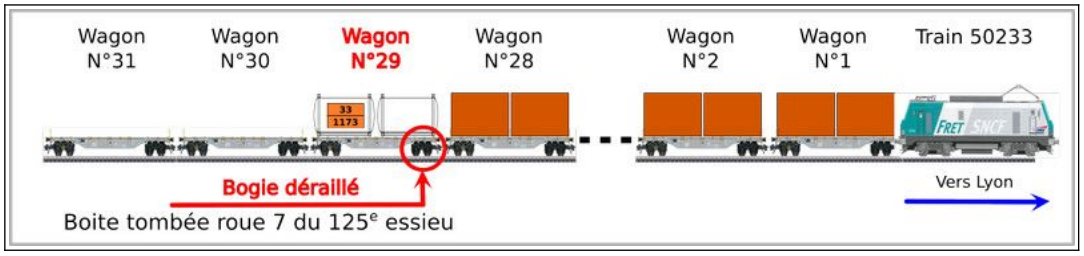


Figure 2 : La composition du train *(Source BEA-TT)*

Le régime ME 120 (pour MEssagerie 120 km/h) impose un réglage des freins en mode « machine longue » (la locomotive et les cinq premiers wagons en régime « marchandises » et les wagons suivants en régime « voyageurs »). La mention « train freiné LL » doit être portée sur le bulletin de freinage.

Le wagon accidenté

Le wagon déraillé est le 29e wagon (3e wagon à partir de la queue du train). Il est immatriculé 33 87 4549 131-0. Il transportait dans la première poche un contenant de matière dangereuse. Le wagon repose sur deux bogies. Ses essieux sont le 125 à 128e essieu du train.

Figure 3 : Photo du wagon n° 33 87 4549 131-0 *(Source BEA-TT)*

Le premier essieu déraillé est du type 9074B et de numéro n° 536 607. Il est équipé de boîtes d'essieu avec des roulements SKF.

3.1.2 - Les intervenants du transport

La réalisation du transport faisait intervenir plusieurs entreprises :

- La société EPI a commandité le transport : la société EPI est le client du transport, elle a contractualisé le transport avec l'entreprise ferroviaire, Fret SNCF qui prend en charge le convoi.
- La société NOVATRANS (France – Paris) détentrice du wagon 33 87 4549 131-0, ainsi que de deux autres wagons du convoi.
- La société WASCOSA[1] (Suisse) est l'entité chargée depuis 2013 de l'entretien du wagon intéressé (ECE). Elle a conclu un contrat de prestation de services avec « mandat de gestion technique ECM » en date du 13 février 2014, avec effet rétroactif au 24 juillet 2013. Dans ce cadre, elle a pris en charge en juillet 2013 le wagon plat « lourd » 33 87 4549 131-0. Les dernières opérations de maintenance relatives au bogie et/ou à l'essieu sinistré ont été réalisées par les ateliers des sociétés COSMEF (Italie) et SOGEEFER (France).
- La société SOGEEFER (France – Hagondange). Créée le 4 février 1994. Son atelier a réalisé des opérations de maintenance du wagon 33 87 4549 131-0, dont la dernière vérification de l'essieu sinistré le 26 avril 2019.
- La société COSMEF (Italie – Milan). Créée le 18 février 2015. Son atelier a réalisé le montage de l'essieu 536 607 à l'état remis à neuf en position 4 du wagon 33 87 4549 131-0 le 30 novembre 2017. L'essieu en place antérieurement avait subi un échauffement excessif dû à un frein serré.
- La société SNCF Direction du Matériel. L'atelier de Tergnier de la société a fourni l'essieu remis à neuf (de fabrication initiale VALDUNES) à la société COSMEF le 21 septembre 2017.
- La société LDCT (plateforme de Dourges). Elle assure la formation du train, les manœuvres et la préparation du train sur le chantier de Dourges. Ses agents réalisent la reconnaissance de l'aptitude au transport (RAT), la préparation du bulletin de freinage, les essais de freins et la surveillance au défilé au départ de Dourges.
- L'entreprise ferroviaire Fret SNCF . Fret SNCF est une société anonyme simplifiée, filiale du groupe SNCF, entreprise ferroviaire réalisant sous son propre certificat de sécurité le transport de Dourges à Vénissieux pour le client EPI. Elle a fourni l'engin moteur et le conducteur ;
- Le gestionnaire d'infrastructure. SNCF Réseau est une société anonyme, filiale du groupe SNCF, gestionnaire de l'infrastructure du réseau ferré national (RFN).

3.1.3 - Le site de l'accident

Les lignes parcourues par le train

Le train 50 233 effectue une mission de transport combiné rail-route entre le terminal intermodal de Dourges Delta 3 près de Lens dans le Pas-de-Calais, et celui de Vénissieux situé au sud de Lyon. Pour ce faire il doit emprunter les lignes 284 000 de Dourges à Ostricourt, 272 000 puis 957 000 jusqu'à Villeneuve-Saint-Georges et enfin 830 000 jusqu'à Vénissieux.

1 La société Wascosa n'est plus en charge de ce wagon depuis la date de l'accident : la société Novatrans a réintégré le personnel détaché chez Wascosa et a repris la gestion technique de sa flotte de wagon.

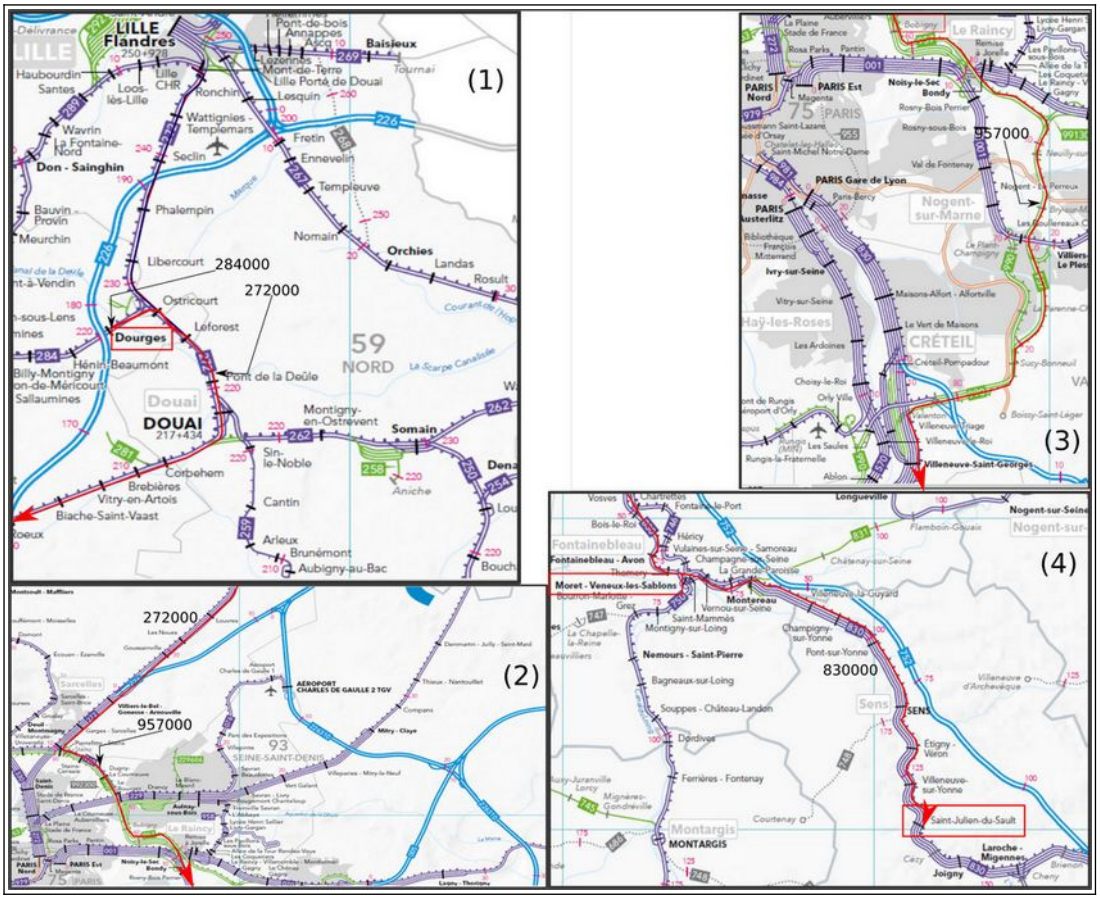


Figure 4 : Trajet du train n° 50 233 sur les lignes 284, 272, 957 et 830 000 jusqu'à Saint-Julien-du-Sault *(SNCF modifié BEA-TT)*

Les points de surveillance du train en marche

Plusieurs capteurs DBC (détecteur de boîtes chaudes) et postes de STEM (Surveillance des Trains En Marche) sont impliqués le long du parcours du train :

- Boisleux : DBC n° 1 48 km de Dourges
- Daours (hors service) : DBC n° 2 95 km de Dourges
- Dommartin : DBC n° 3 113,5 km de Dourges
- Liancourt : DBC n° 4 173 km de Dourges
- Bobigny : DBC n° 5 218 km de Dourges
- Villeneuve St-Georges : STEM 251 km de Dourges
- Moret (Bois-le-Roi) : DBC n° 6 291 km de Dourges
- Sens : STEM 349 km de Dourges
- *Joigny (non atteint) DBC n° 7 385 km de Dourges (Pk 148,70)*

La **figure 5** positionne sur la carte du réseau ferroviaire les six DBC présents sur le parcours du train 50 233. Ce sont des DBC de 4e génération.

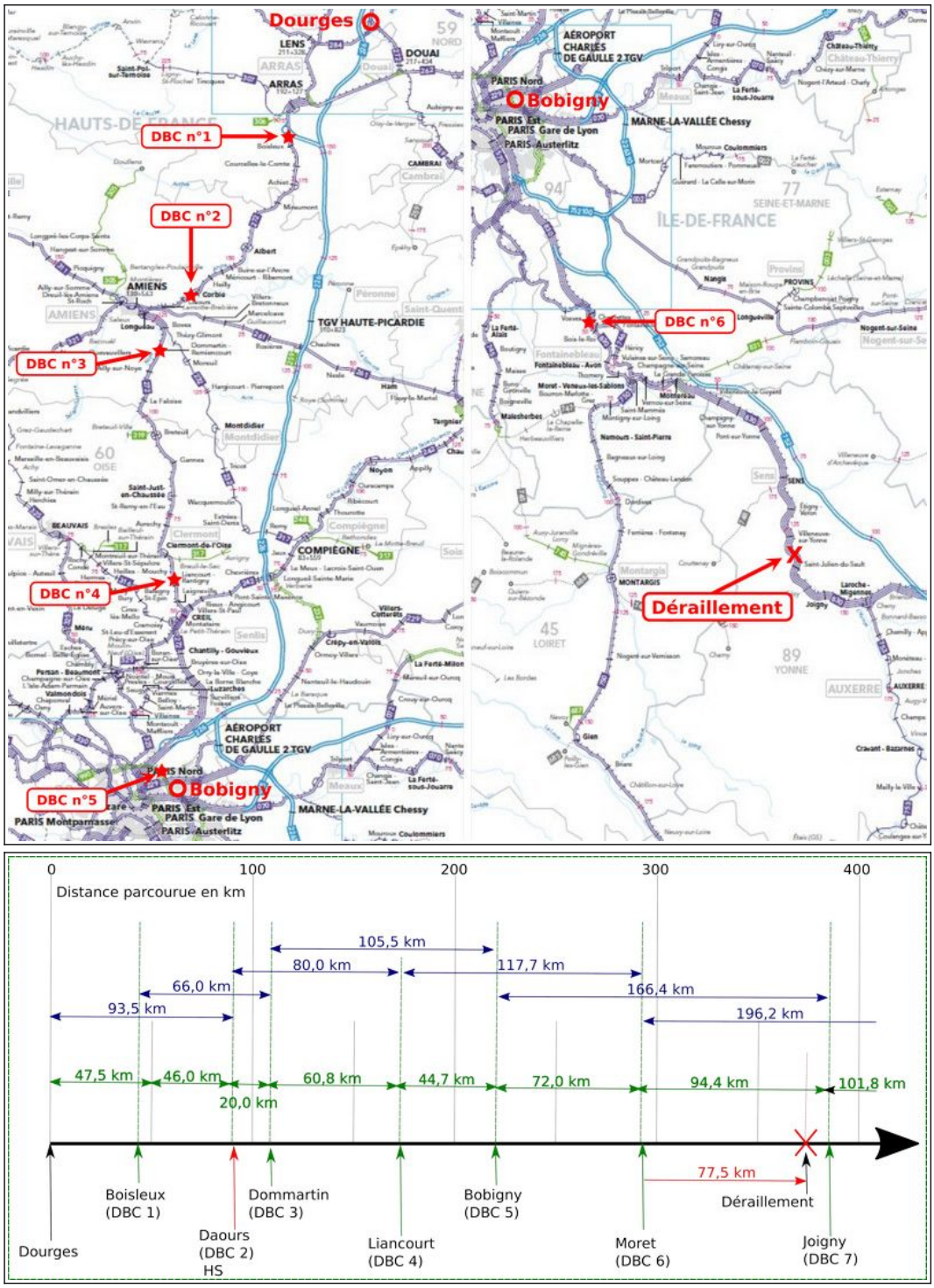


Figure 5 : Localisation des DBC présents sur le parcours du train 50 233 – distances entre DBC (vert) et distances entre DBC si l'un est hors service – le déraillement est survenu à plus de 77 km du dernier DBC *(Source BEA-TT)*

Le site du déraillement

Le déraillement a eu lieu sur la ligne 830 000 reliant Paris à Marseille via Lyon. La ligne de Montereau (Pk 78,6) à Laroche-Migennes est à double voie sur une plateforme à 4 voies. Le mode de cantonnement est du type block automatique lumineux (BAL). La ligne est électrifiée en 1500 V courant continu. Le lieu d'arrêt final a eu lieu au Pk 131,85 en amont de la gare de Saint-Julien-du-Sault (Pk 134,64), à hauteur du lieu-dit « La Maladrerie ». Il est accessible en empruntant la route départementale D3 et aucune habitation ne se trouve à proximité.

Figure 6 : Lieu de l'accident entre Villeneuve-sur-Yonne et Saint-Julien-du-Sault - Pk 134,64
(Source GoogleMap modifiée BEA-TT)

3.1.4 - Les organes de roulement des wagons de marchandise

L'accident implique un organe de roulement essentiel du 29e wagon du train qui a déraillé : une **boîte d'essieu**. Cet élément a pour fonction d'assurer la liaison entre l'essieu qui est en rotation et la caisse du wagon. Il supporte le poids du wagon. Nous donnons ci-après, pour faciliter la compréhension, quelques notions concernant les essieux et les boîtes d'essieux, puis plus spécifiquement les opérations de maintenance concernant cet organe.

L'ensemble formé de deux roues et d'un essieu est appelé « essieu monté ». L'essieu est la pièce massive en acier qui relie les roues. De forme généralement cylindrique, il comporte :

- un « corps » (axe) en partie centrale ;
- deux « portées de calage » qui prolongent le corps et qui reçoivent les roues par emmanchement avec une presse ;
- et deux « fusées », qui les prolongent et qui sont des zones très soigneusement usinées, destinées à recevoir la charge du véhicule par l'intermédiaire de « boîtes d'essieux » dans lesquelles les fusées s'insèrent.

La boîte d'essieu effectue la liaison de roulement entre l'organe tournant qu'est l'essieu, et le châssis du véhicule. C'est un sous-système critique en termes de sécurité.

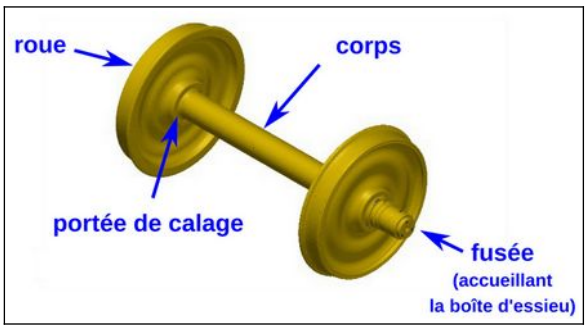


Figure 7 : Schéma d'un essieu monté, boîtes d'essieu ôtées *(Source BEA-TT)*

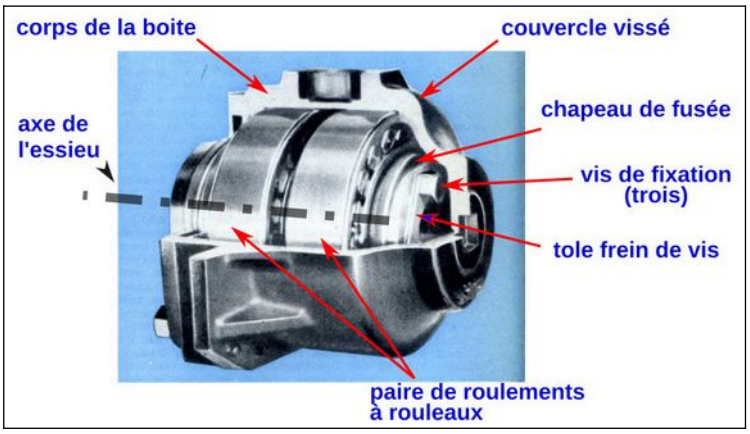


Figure 8 : Vue schématique d'une boîte d'essieu montée *(Source Rixke Rail)*
(nota : les roulements et la boîte représentés ne sont pas du design qui équipe le wagon accidenté)

Dans le cas présent, la boîte d'essieu est « **à rouleaux** ». Elle comporte deux séries de roulement à rouleaux (cylindriques) pour chaque côté. Ces roulements sont butés d'un côté contre la portée de calage de l'essieu qui est d'un diamètre supérieur à celui de la fusée (on appelle cette zone portée d'obturateur). Ils sont tenus de l'autre côté par une plaque circulaire, appelée chapeau de fusée ou « **chapeau** » ou capot de pression, vissée sur l'essieu par trois vis.

L'assemblage est enfermé dans une enveloppe métallique formant une boîte, close par un couvercle fixé par trois autres vis avec interposition d'un joint d'étanchéité. Les roulements sont lubrifiés au moyen d'une graisse consistante, qui remplit tous les intervalles entre les rouleaux.

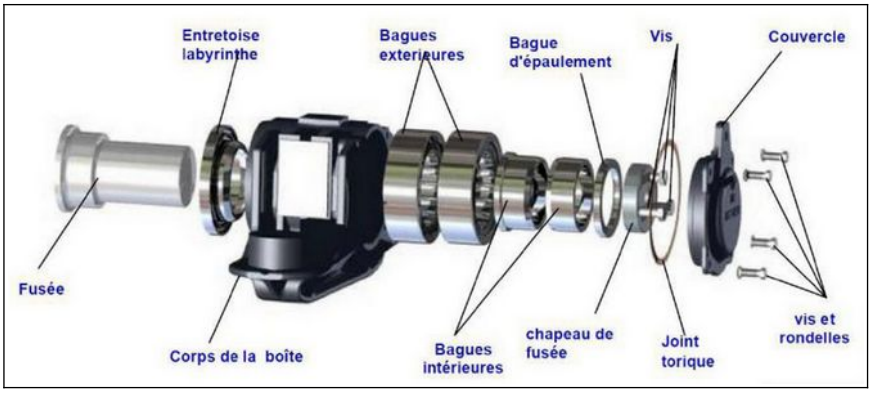


Figure 9 : Vue schématique d'une boîte d'essieu éclatée *(Source Valdunes)*
(nota : les roulements et la boîte représentés ne sont pas du design qui équipe le wagon accidenté)

Les roulements sont graissés manuellement ou semi-automatiquement, et sont montés dans un environnement extrêmement propre pour éviter toute contamination. Il s'agit d'organes de sécurité qui font l'objet d'opérations de surveillance et d'entretien lors de la maintenance cyclique du wagon.

Les cycles de contrôle et de maintenance des essieux sont définis par des référentiels VPI[2], opération VR503 avec démontage des boîtes et contrôles non destructifs (cycle de 12 ans). La norme EN 15313[3] précise quant à elle un plan de maintenance des essieux et boîte. Lors des opérations de maintenance dites « I2 », il est opéré un démontage de la boîte, un contrôle visuel de chaque élément et un remontage de la boîte. Le contrôle des rouleaux lors des opérations de maintenance est visuel et manuel (**figures 10 et 11**). Il s'agit de détecter tout « point d'amorçage », « écaillage » ou autre altération sur l'un quelconque des rouleaux, afin de ne pas générer à terme de particules métalliques pouvant se mélanger à la graisse des roulements.

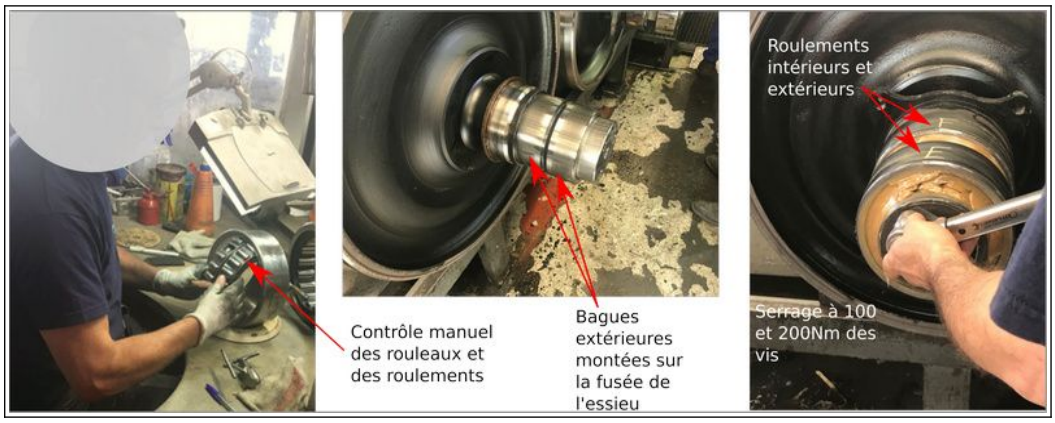


Figure 10 : Contrôle manuel des rouleaux – montage d'un roulement (fusée d'essieu avec bagues neuves) - mise en place du chapeau de fusée *(Source BEA-TT)*
(nota : les organes de roulements visualisés sur les photos ne sont pas ceux en cause dans l'accident)

La partie utile de la fusée d'essieu portant les deux ensembles de rouleaux est généralement comprise entre 180 et 380 mm de la verticale du bord intérieur du rail. La boîte d'essieu contient la graisse utile à la lubrification des rouleaux, protège ceux-ci des altérations extérieures. Dans le cas présent la graisse utilisée est de type SHELL GADURAIL S3 EUFR et les boîtes SKF 187M1150.

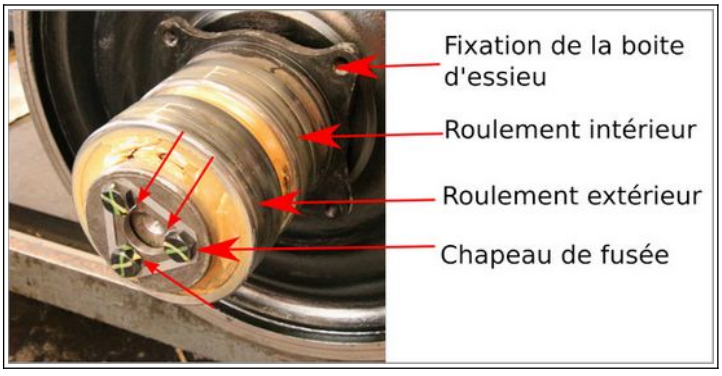


Figure 11 : Exemple de fusée montée avec ses roulements intérieur et extérieur *(Source BEA-TT)*
(nota : les organes de roulements visualisés sur les photos ne sont pas du design de ceux en cause dans l'accident)

2 VPI est l'association des détenteurs et ateliers privés de wagons en Allemagne. Elle est basée à Hambourg. Elle délivre notamment un référentiel de maintenance des wagons qui fait référence sur le plan international, l'EMG-VPI ou « VPI », c'est-à-dire le guide européen de maintenance des wagons (European Maintenance Guide).

3 EN 15313 : Applications ferroviaires – Exploitation des essieux en service – maintenance des essieux en exploitation ou déposés

Généralement, l'élévation anormale en température d'une boîte n'entraîne pas celle de l'autre boîte du même essieu. La surveillance des boîtes d'essieu est réalisée lors de la reconnaissance à l'aptitude au transport (RAT) avant le départ du train. Les agents doivent contrôler visuellement la boîte et s'assurer de l'absence de trépanation.

La surveillance des boîtes d'essieu est complétée en ligne par des installations de « détection des boîtes chaudes » (DBC). Le principe retenu est celui de la surveillance des mobiles par le sol au moyen d'un ensemble d'installations régulièrement espacées et mesurant la température extérieure de la boîte d'essieu.

3.1.5 - Les détecteurs de boîte chaude

Généralités

Les installations de détection des boîtes chaudes (DBC) mises en œuvre sur le RFN sont très majoritairement de 4e génération. Il reste moins de 10 installations de 3e génération (aucun sur l'itinéraire du train objet de cette étude). Sur l'ensemble de RFN, ~470 DBC[4] sont en exploitation, dont près d'un tiers sur les lignes à grande vitesse. Le référentiel EPSF SAMI D 001 définit le niveau de sécurité et de disponibilité requis pour cette fonction de détection, qui doit être équivalent au niveau SIL 2 défini par l'EN 50126 :

- probabilité de non-détection d'une Alarme simple ou danger alors que les conditions sont remplies : inférieure à 10^{-6} / boîte d'essieu mesurée ;
- probabilité de non-transmission au conducteur d'une alarme touchant son train : inférieure à 10^{-4} / boîte d'essieu mesurée.

Aussi s'agit-il d'assurer une détection précoce de toute élévation anormale de température afin de diligenter au plus tôt les mesures utiles pour éviter une dégradation avancée des composants de la boîte. Les températures seuils de déclenchement des alarmes sont considérées pour une distance moyenne entre DBC successifs de 60 km (avec un écart type de 40 km) et un espacement maximal de 150 km.

Le référentiel EPSF demande que la durée de non-fonctionnement d'un point de mesure DBC ne dépasse pas 24 h[5]. Dans ce cas celle-ci doit faire l'objet de la mise en place d'une Surveillance humaine des Trains En Marche (STEM) celle-ci ne constituant qu'un niveau de surveillance réduit (un seul côté, pas d'appréciation des températures, ne permet que la détection d'étincelles ou de dégagements de fumée ce qui constitue déjà un stade avancé du défaut). Sa mise en œuvre est difficile du fait de la réduction de personnel liée à la généralisation des postes d'aiguillage à grand rayon d'action.

Aspects techniques

D'un point de vue technique, les installations sont des capteurs infrarouges spéciaux montés dans la zone des voies. Les installations mesurent les températures au passage des boîtes. Les températures sont évaluées directement sur site au moyen d'algorithmes dans un système électronique. Si certaines valeurs limites sont dépassées, un message est envoyé sur le poste de contrôle (PC) du dispositif de signalisation et de surveillance à l'Agent Circulation (AC) en mesure d'arrêter la circulation.

La **figure 12** illustre l'implantation en voie d'un DBC de 4e génération. Elle illustre de plus les orientations du faisceau de mesure sous boîte d'essieu pour les 3e et 4e génération.

4 Soit pour le réseau national une distance moyenne entre DBC de 95 km

5 SAMI D 001 « En règle générale, suite à un dérangement, les DBC doivent être remis en service : sur Lignes Conventionnelles, dans les 24 heures, et sur Lignes à Grande Vitesse, dans les 6 heures. Lorsqu'exceptionnellement cette remise en état ne peut être effectuée dans les délais indiqués ci-dessus, le motif de cette indisponibilité de longue durée, le type d'installation et d'exploitation ainsi que la date de remise en état sont pris en attachement par le service chargé de l'entretien. »

Les DBC de 4e génération effectuent une mesure de température du dessous des boîtes de chaque essieu, sur un point d'environ 1 cm ² à 370 mm[6] du bord intérieur du rail[7]. La visée définit donc une prise d'information sur un carré d'environ 1 cm² se déplaçant sous la boîte (sur ~200 mm). Le système mémorise pour chaque boîte d'essieu la température maximale observée sur ce rectangle de 1 × 20 cm.

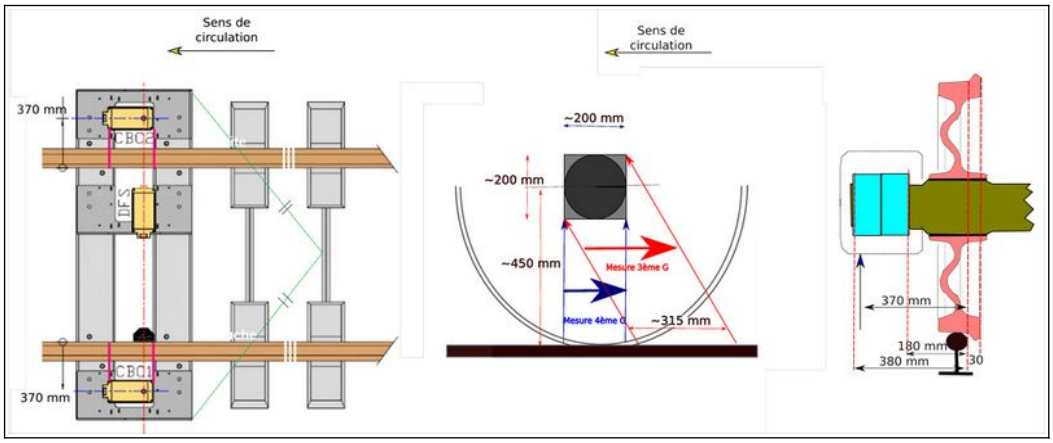


Figure 12 : Illustration de l'implantation d'un DBC de 4e génération – Orientations du faisceau de mesure *(Source SNCF modifiée BEA-TT)*

Seuils d'alerte et d'alarme

Les DBC-DFS peuvent générer :

- une alarme danger dès que la température d'une boîte dépasse 90 °C ;
- une alarme simple dès que la température d'une boîte d'essieu dépasse environ 72 °C pour une température ambiante de 20 °C. Ce seuil varie en fonction de cette température ;
- une alarme simple différentielle quand l'écart de température entre les boîtes d'un essieu est supérieur à une valeur limite (29 °C).

Les installations de DBC fournissent les températures et les alarmes en fonction du rang de l'essieu concerné en partant de la tête du train.

Les installations de DBC de lignes conventionnelles, contrairement aux lignes LGV, ne permettent pas de générer d'alarmes de continuité, c'est-à-dire avec une comparaison des températures relevées pour une même boîte sur deux DBC successifs. Il en est de même des alarmes différentielles.

6 Certaines règles sont différentes dans les pays germaniques : tir vertical avec balayage de 180 à 380 mm.
7 Les DBC de générations antérieures réalisent une mesure à 60° de la verticale, balayant ainsi les parties inférieures et arrière des boîtes d'essieu.

Mesures à prendre par l'agent circulation

Le référentiel du poste 1 de Bobigny[8] précise que le DBC est un équipement de traitement des informations délivrées par les capteurs et correspondant aux températures mesurées. Cet appareillage permet de détecter les boîtes dont la température est anormalement élevée par rapport à des seuils définis (**annexe n° 4**).

L'AC est chargé de surveiller les indications fournies par les installations présentes au poste et de prendre les mesures pour assurer la sécurité des circulations lors du déclenchement d'une alarme conformément aux prescriptions du référentiel. Il est précisé qu'en cas d'alarme l'AC utilise le formulaire ANOT de la DC 07203 (un formulaire par train) pour formaliser les communications avec le conducteur.

Les mesures à prendre diffèrent selon le niveau de l'alarme :

- **Alarme simple** : l'AC identifie le train (numéro du train, date, nature de l'alarme, température extérieure), ferme ou maintien fermé le signal d'entrée de sa gare, avise le conducteur sous la forme « *Train n°… Alarme Simple DBC* ». Pour un train de marchandise l'AC reçoit la circulation sur un évitement ou une voie de service. L'AC se concerte avec le conducteur et lui transmet les informations utiles au moyen du formulaire ANOT (nature de l'alarme sur son train en indiquant le numéro de l'essieu) défini au référentiel DC 07203. L'AC invite le conducteur à lui faire part de ses constatations après la visite du train.
  Il est précisé que : « L'isolement du frein par le conducteur, en cas d'avarie ou d'élévation de la température, ne doit pas conduire l'AC à conclure qu'il s'agit seulement d'un frein serré ».
- **Alarme danger** : l'AC prend immédiatement les dispositions pour arrêter le train alarmé en évitant de provoquer son arrêt d'urgence et avise le conducteur par radio sous la forme « *Train n°… Alarme Danger DBC* ». L'AC provoque (ou fait provoquer) l'arrêt d'urgence des trains circulant sur la ou les voies contiguës et obtient l'assurance que la circulation est arrêtée. Puis, l'AC se concerte avec le conducteur sur les conditions d'utilisation du formulaire ANOT, transmet les informations utiles au moyen du formulaire…

Un signalement est dit « non confirmé » lorsqu'après l'examen d'une boîte ou d'un frein serré signalé par le DBC, le conducteur ne confirme pas l'anomalie. L'AC acquitte l'alarme sur son application, renseigne l'alarme et applique les dispositions du § « signalements non confirmés » de son référentiel[9]. Il rétablit la circulation des trains et avise la maintenance Infrastructure.

3.1.6 - La météorologie

Les 18 et 19 août 2020 ont été des journées pluvieuses. Les températures relevées au passage du train sont d'après Météo France les suivantes : Boisleux 23 °C ; Daours 22 °C ; Dommartin 20 °C ; Liancourt 21 °C ; Bobigny 20 °C et Moret 16 °C.

Lors des arrêts du train à Bobigny et Moret, des averses se produisaient, la couche nuageuse recouvrait entièrement le ciel.

Aucun phénomène de brouillard n'a été observé par les agents circulation des postes.

La vitesse du vent était de l'ordre de 10 km/h avec des rafales à 20 km/h.

8 Références SNCF Réseau : « Détecteur de boîtes chaudes de Bobigny voies 1S et 2S (sens impair) – Km 51,883 – Gare de Bobigny Poste 1 » EIC PN DC00212 (S 02 C) Édition du 4/10/2022

9 EIC PN DC00212 (S02C) de son poste

3.2 - Description factuelle des événements

3.2.1 - Les résumés des témoignages

Les résumés sont établis par les enquêteurs techniques sur la base des déclarations orales ou écrites qu'ils ont recueillies. Ils ne retiennent que les extraits qui paraissent utiles pour éclairer la compréhension et l'analyse des événements et pour formuler des recommandations. Il peut exister des divergences entre les différentes déclarations ou entre ces déclarations et des constats ou des analyses présentés par ailleurs.

Témoignage du conducteur du train

Antécédents

Le conducteur est en fonction depuis 18 mois. Sa formation initiale de conducteur de trains a été effectuée à Rennes dans une promotion de conducteurs voyageurs. La mise en pratique avec la conduite fret a eu lieu sur 15 jours à Dijon. Depuis sa prise de poste, il a conduit quatre trains de fret par semaine. Il a fait les trajets Laroche-Migennes – Vénissieux puis les trajets Dourges – Laroche-Migennes.

Le conducteur a connu un incident mentionné dans son dossier (passage à 85 km/h dans une zone limitée à 70 km/h), avec mise en place d'un accompagnement particulier. Plusieurs autres incidents ont été correctement gérés (isolement d'un moteur, une trappe ouverte, réception et arrêt sur signal d'alerte radio, anomalie sur des signaux reçus en cabine).

Postérieurement à l'incident, le conducteur a été envoyé en formation pendant 6 semaines à Ambérieu, Modane et Angoulême pour partager avec des anciens et des formateurs.

Préparation au départ

Le soir du 18 août 2020, le conducteur a pris son service à 17 h 50 pour prise en charge de la locomotive à Lens. Il rejoint Dourges pour la constitution du train sur la plateforme multimodale de Dourges (LDCT).

Plateforme de Dourges

À partir de 19 h il réalise l'essai de frein complet au résultat concluant (19 h 25). À 19 h 50 il part en ligne avec 50 min de retard sur l'horaire ce qui conduira à la suppression de plusieurs arrêts initialement prévus sur son trajet. Le conducteur a observé sur le côté gauche les agents au sol réalisant l'observation au défilé de son train (passage à 10 km/h et observation côté gauche dans le sens de la marche). Les essais de roulage (4 km/h sans perte de vitesse) et l'essai dynamique du frein (à 20 h 10 et à une vitesse 80 km/h, perte de 15 km/h sous l'effet du freinage) étaient concluants.

Gare de Bobigny

Le conducteur arrive à l'heure en approche de la région parisienne et réduit sa vitesse pour éviter les arrêts en ligne.

À l'approche de Bobigny le conducteur rencontre une séquence de ralentissement 30 par les signaux du poste et s'arrête devant le C 103. L'AC de Bobigny l'informe par radio d'une « alarme simple (AS) frein serré » au 125^{e} essieu de son train et initie le formulaire ANOT.

Puis l'agent circulation demande au conducteur de garer son train sur la voie 7 de Bobigny. Alors qu'il immobilise son train, un agent au sol se présente, pensant que le train devait être dételé. Il a confondu son train avec un autre train attendu ; ceci perturbe le

conducteur. Lors de la reprise du contact radio, le conducteur a été mis en contact avec un poste non concerné. Après plusieurs essais, le conducteur rentre en contact avec le bon poste. Après immobilisation de son train, le conducteur reprend la procédure ANOT. Dans les communications verbales, il mentionne qu'il s'agit d'une alarme simple boîte chaude au 125e. Le conducteur relève l'écart mais ne contredit pas l'AC quant au contenu entre l'échange verbal initial et l'annotation portée sur la fiche ANOT. Ceci conduit à un *quiproquo*[10], le conducteur doutera tout au long de son service entre potentiel défaut de « boîte chaude » et de « frein serré ».

Le conducteur part à la visite du train immobilisé, freins desserrés, avec l'idée qu'il pourrait s'agir d'un problème de frein serré. Le comptage des essieux lui semble difficile à mettre en œuvre, notamment lorsque qu'il s'agit d'aller jusqu'à un essieu éloigné du point de départ. De plus, il fait nuit et il pleut.

Alors que le comptage est entamé, le train garé sur la voie contiguë se met en mouvement. Le conducteur interrompt son comptage. Il reprend le comptage depuis la tête du train.

Alors que le comptage est repris, un agent survient pour vérifier que tout allait bien. Le conducteur surpris, interrompt son comptage. Il reprend le comptage pour la troisième fois depuis la tête du train.

Dans un 1er temps, il a vérifié le 125e après comptage, puis il a recommencé en partant du 120e jusqu'à la queue du train uniquement du côté droit. Il n'a rien détecté d'anormal. Il appose une étiquette « IN » sur le wagon concerné. La visite a duré environ 2 h, sans détection d'odeur, de serrage ou de fumée.

De retour dans la cabine de conduite, le conducteur consulte le memento de conduite pages 105-490 et estime sur le moment que le train peut reprendre sa marche, car il pense qu'il est en mesure de surveiller le train. Le conducteur informe l'AC du résultat de sa visite. Le train repart de Bobigny à 1 h 42. Le conducteur repart en ligne sans arrêt ultérieur programmé[11]. N'étant pas totalement convaincu de sa capacité à surveiller son train, il a demandé aux agents circulation des principales gares traversées de surveiller l'arrière de son train.

En ligne

En ligne, le conducteur demande une surveillance spécifique du train à son passage aux AC de Villeneuve-Saint-Georges et de Melun. Dans les deux cas le retour est positif.

Gare de Villeneuve-Saint-Georges

À l'arrivée à Villeneuve-Saint-Georges le conducteur rencontre une séquence d'arrêt par les signaux d'un poste. Il se fait reconnaître du poste. Il envisage qu'une anomalie ait été découverte sur le train. Il s'agissait en fait de la gestion d'un conflit de circulations lié au retard important du train.

Gare de Moret

Le conducteur est informé par radio avant Moret par le régulateur d'une alarme simple sur son train. Le conducteur informe le régulateur de la précédente alarme frein serré sur son train, lui demande la nature de l'alarme et le rang de l'essieu alarmé. Le régulateur l'informe qu'il s'agit du 25e essieu, ce qui peut être l'explication au fait qu'il n'ait rien trouvé lors de la visite effectuée à Bobigny.

10 L'enregistrement vocal correspondant est le seul à n'avoir pas pu être récupéré pour les besoins de l'enquête – L'AdC rapporte : « J'ai demandé à l'AC de Bobigny de me renseigner sur le type d'alarme dont mon train avait fait l'objet. Je m'attendais à ce qu'il me réponde « alarme simple » ou « alarme danger », mais il m'a répondu « frein serré » ».

11 La règle donne le choix au conducteur : soit il s'estime capable de surveiller son train soit il demande un arrêt après 20 km. La première possibilité est difficile de nuit pour un long train de fret, même si elle reste offerte par la réglementation.

L'AC du poste 1 de Moret réceptionne sur la voie 1bis de Moret à 3 h 31. À l'arrêt le conducteur consulte son memento[12]. L'AC du poste 1 de Moret initie la procédure ANOT et informe le conducteur d'une alarme simple 25e essieu du train. Après sollicitation du conducteur, l'AC réexamine l'enregistrement et conclut à une alarme simple au 125e essieu droit.

À la réception du formulaire ANOT transmis par l'AC de Moret à 3 h 31, il assure l'immobilisation du train et part à la visite. De sa propre initiative, il vérifie l'état des semelles et des boîtes d'essieux.

Arrivé au 124e essieu, considéré à tort pour le 125e, le conducteur dit avoir détecté sur le 29e wagon n° 33 87 4960 002-3 un blocage du dernier essieu. L'application de la fiche 205 du mémento ne prévoit pas de poursuivre la visite sur le wagon suivant, même si la mesure aurait pu paraître adaptée au regard du quiproquo initial quant à la nature du défaut alarmé. Le conducteur isole le frein du wagon, s'assure du desserrage des semelles et appose une étiquette « IS ». Il confirme à l'AC l'isolement du wagon et rectifie le bulletin de freinage. L'AC autorise[13] le conducteur à reprendre sa marche à 4 h 10.

En ligne

Le conducteur passe la gare de Montereau (Pk 78,6) sans souci et à l'approche de la gare de Sens (Pk 126,63) demande la surveillance de son train par l'AC en précisant de bien vérifier les wagons en queue du train. À l'issue de l'observation l'AC avise le conducteur par radio sol-train de l'absence de défaut. La surveillance portait sur le côté droit du train.

Vers le Pk 125, le conducteur reçoit un appel de groupe sur la radio sol-train provenant d'un train croiseur. La communication est de très mauvaise qualité avec de multiples coupures, les propos sont confus. Il croit reconnaître les mots « étincelles en queue du train » et associe ce propos avec ce qui s'est passé en amont. Il se sent un peu perdu et désemparé[14].

L'AC de Laroche-Migennes l'appelle, l'informe avoir entendu la communication, se tient prêt à le recevoir mais ne lui demande pas de s'arrêter. Le conducteur, n'ayant pas consigne d'arrêter son train, poursuit son avance vers Laroche-Migennes.

Vers le Pk 128, le conducteur ressent une résistance prononcée à l'avancement et observe une dépression à la Conduite Générale (CG) qu'il n'a pas commandée (fuite CG). Il s'arrête, ordonne à l'AC l'arrêt de toute circulation et émet les signaux d'alerte radio et lumineux. Il communique avec l'AC de Laroche-Migennes et le régulateur qui lui indique que le train est protégé.

Le conducteur visite le train côté piste. Il s'assure que le train est complet et constate le déraillement du 3e wagon de queue. Le wagon est repéré « MD ». Il en avise l'AC et le régulateur. Il contacte le gestionnaire de moyens et demande l'astreinte traction. Il est alors environ 5 h.

À 6 h 35, le cadre d'astreinte arrive.

12 Pages 105-205, 953, 490, 491, 011, 985

13 Il est à noter que l'isolement d'un frein ne peut être le règlement d'un problème de boîte chaude. En application de sa consigne DBC, l'AC n'aurait pas dû accepter ce mode de résolution de l'alarme simple boîte chaude.

14 Il confirme à froid que si des étincelles sont constatées sur son train, il doit immédiatement l'arrêter.

Témoignage de l'Agent Circulation du poste 1 de Bobigny

À 23 h 16, une alarme DBC simple retentit au poste 1 de Bobigny. L'AC consulte l'écran du poste central du DBC et son imprimante (**annexe n° 5**) et y est informé que le train n° 50 233 présente une boîte chaude au rang 125 côté droit.

À 23 h 18, l'AC contacte le conducteur pour l'informer de l'incident et lui signifier qu'il allait être reçu sur signal fermé (C 103) et qu'il devra se munir de son formulaire ANOT[15]. Puis l'AC prévient le régulateur de l'incident.

L'AC affirme ne pas avoir indiqué par radio au conducteur du train qu'il s'agissait d'une « alarme simple frein serré » mais qu'il a bien été indiqué qu'il s'agissait d'une alarme simple DBC comme il sera fait état dans les fiches ANOT (**figure 13**).

Une fois le train à l'arrêt, le conducteur contacte l'AC pour commencer la procédure. Ils commencent à amortir le formulaire ANOT. L'AC se rend compte qu'il est préférable qu'on reprenne la procédure une fois le train réceptionné dans les garages (d'où les ratures sur le formulaire ANOT). Une fois réceptionné à la voie 7, le conducteur et l'AC reprennent la procédure.

Le conducteur part vérifier son train. Le contrôle de son train a pratiquement duré 2 h. Le régulateur est revenu plusieurs fois vers l'AC pour avoir des informations. L'AC a envoyé son aiguilleur à sa rencontre. Au retour de l'aiguilleur, celui-ci l'informe que le conducteur est toujours en train de contrôler son train. Il dit avoir constaté lors de sa rencontre qu'il perd le fil sur le comptage de ses essieux et qu'il remonte en tête de son train pour reprendre le comptage des essieux.

À 1 h 34 le conducteur informe l'AC qu'aucune anomalie n'a été constatée (compte rendu ANOT). L'AC transmet les informations nécessaires au régulateur. Le train reprend sa marche à 1 h 42.

Par ailleurs, l'AC précise que l'article F 61.01 de sa consigne « Détection d'une boîte chaude » n'impose pas à l'AC d'alerter le conducteur avant l'arrêt du train et sa reconnaissance. La procédure prévoit d'ailleurs que le motif d'arrêt du train peut même être indiqué au conducteur « lors de la reconnaissance » de son train. La procédure relative aux incidents de circulation impose uniquement à l'AC de prendre les mesures immédiates de protection, l'avis donné au conducteur de la nature de l'anomalie constatée n'intervient que dans un deuxième temps, après la prise des mesures de protection. C'est pourquoi il a tout d'abord fermé le signal lumineux C 103.

Témoignage de l'aiguilleur du poste 1 de Bobigny

Le train 50 233 était en approche de Bobigny poste 1 lorsque l'alarme simple du DBC a retenti. Le train 50 233 arrêté devant le C 103, l'aiguilleur et le conducteur initient la procédure ANOT (**figure 13**). L'AC juge préférable d'interrompre la procédure et de la reprendre une fois le train réceptionné dans les garages. Le conducteur est parti vérifier son train.

15 Application de la consigne EIC PN DC00212 (S2C)

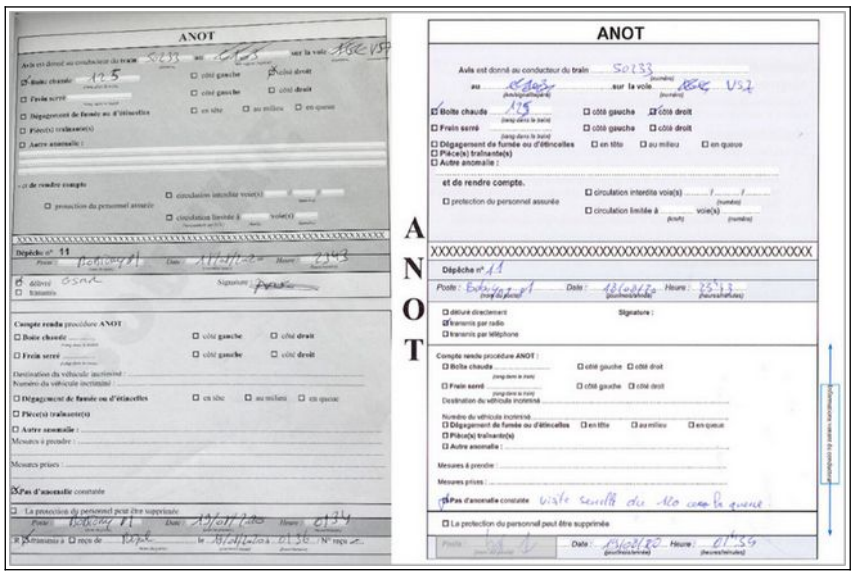


Figure 13 : Fiches ANOT (AC et conducteur) renseignées à Bobigny *(Source SNCF)*

Sans nouvelle depuis environ une heure, l'AC a demandé à l'aiguilleur d'aller à la rencontre du conducteur. Le conducteur lui indique alors qu'il a perdu le fil et recommence ses vérifications du début. Plus tard il indiquera que son train ne fait l'objet d'aucune anomalie.

Témoignage de l'Agent circulation du poste de Moret

Vers 3 h 20 le mercredi 19 août 2020, l'alarme simple boîte chaude du DBC[16] s'est déclenchée. L'AC prend les mesures pour écarter le train 50 233 de la voie 1 vers la voie 1bis.

À 3 h 30, le train étant à l'arrêt il initie la procédure ANOT avec le conducteur. Il lui délivre un formulaire ANOT n° 15 (**figure 14**) pour alarme simple boîte chaude à l'essieu 125 côté droit. Après avoir assuré la protection sur la voie contiguë, le conducteur est allé à la visite de sa rame.

À 4 h 12 le conducteur informe l'AC qu'il a isolé le frein du 28e wagon. L'AC transmet les informations nécessaires au régulateur. Le train reprend sa marche à environ 4 h 20.

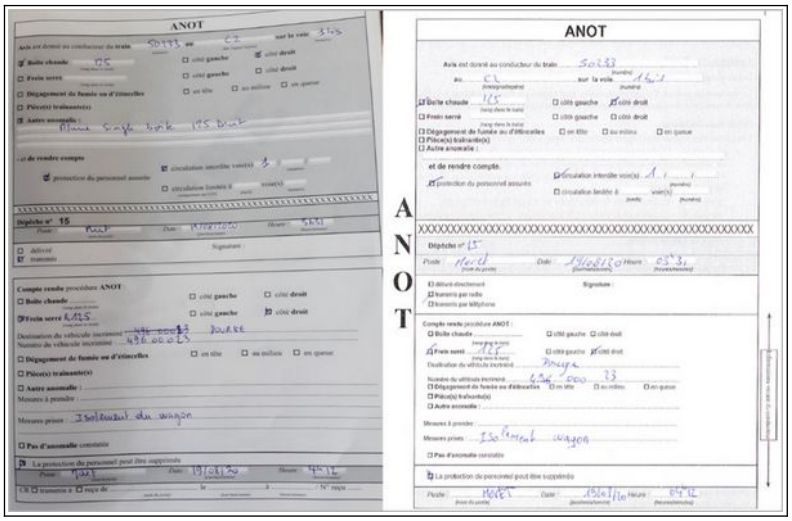


Figure 14 : Fiches ANOT (AC et conducteur) renseignées à Moret *(Source SNCF)*

16 Capteurs DBC à Bois-le-Roi au Pk 54,365 – Référentiel du poste Moret : « Détecteurs de boîtes chaudes de Melun et Moret-Veneux-les-Sablons » EIC PSE DC 50027 (S02C) du 3/07/2020

Témoignage des agents du poste de Sens

À 4 h 48 l'AC de Sens (Pk 126,63) reçoit l'appel du conducteur du 50 233. Suite à une prise en charge DBC antérieure, il lui demande de faire une surveillance accrue de son train, particulièrement la queue de train. Il ouvre la fenêtre pour vigiler au défilé du train 50 233 qui passe à 4 h 50. L'AC ne détecte ni étincelle, ni dégagement de fumée ni odeur particulière. Il reporte ces informations au conducteur 50 233. Vers 4 h 55 – 5 h, l'AC entend une communication radio du conducteur du train 733 000 circulant voie 2 vers le conducteur du train 50 233 étant passé voie 1bis. Il y aurait des étincelles en queue du train 50 233. Le conducteur 50 233 reçoit le message et indique à son collègue qu'il fera le nécessaire à Laroche-Migennes.

À 5 h 07 le conducteur du train 50 233 avise par radio qu'il s'est arrêté suite à une fuite CG.

Témoignage du coordinateur régional des circulations de service de nuit

Le coordinateur couvre notamment l'ensemble de la ligne 830 000 de Paris à Lyon. À 3 h 12, l'AC de Moret avise que le train 50 233 est détecté en « alarme simple » lors de son passage sur le DBC de Bois-le-Roi voie 1. D'entente avec le régulateur, le train est écarté voie 1bis à Moret de façon à ce que le conducteur puisse appliquer les procédures prévues (essieu détecté : 125^{e} de tête à droite).

À 4 h 14, l'application des procédures est terminée. Les freins du wagon concerné ont été isolés. Le train peut reprendre sa marche sans restriction.

À 5 h 07, le régulateur perçoit un signal d'alerte radio émis par le train 50 233. À l'établissement de la liaison radio, le conducteur informe l'avoir émis suite à la présence d'étincelles dans le corps du train et à une fuite à la « conduite générale ». En raison des mauvaises conditions de visibilité, le conducteur ne peut pas donner le Pk précis d'arrêt (le train est immobilisé entre Villeneuve-sur-Yonne (Pk 126,96) et Saint-Julien-du-Sault (Pk 134,64). Le conducteur ne peut donner ni l'assurance que son train est complet, ni qu'il est entièrement sur les rails. Le bouclage est effectué par le régulateur sur la bonne perception du signal d'alerte radio par l'ensemble des circulations présentes entre Sens (Pk 126,63) et Laroche-Migennes, et sur leur Pk d'arrêt. Pas de train engagé sur la voie 1. Sur voie 2, le train le plus proche se dirigeant vers le train 50 233 est le train 891 002, arrêté au Pk 133,0. Une fois la protection assurée, le conducteur du train 50 233 part à la visite de sa rame par la piste à 5 h 15.

À 5 h 35, après un premier contact téléphonique avec le conducteur du train 50 233, ce dernier informe du déraillement d'un bogie. Aucun véhicule ne s'est toutefois renversé. Le gabarit de la voie 1 est engagé. Pas de risque a priori vis-à-vis des circulations voie 2 et 2bis. Le conducteur préfère procéder à d'autres vérifications avant d'autoriser la reprise des circulations sur la voie 1.

Témoignage du coordinateur régional des circulations de service de matinée

Le coordinateur est arrivé à 5 h 50 pour sa prise de service, son collègue de nuit l'informe de la situation : déraillement du train 50 233 sur voie 1bis au Pk 132, le conducteur est parti à la visite de son train et la circulation est interrompue sur toute la plateforme entre Sens (Pk 126,63) et Laroche-Migennes, le train 891 002 est arrêté au Pk 133 voie 2bis, le train 5792 est arrêté voie 2 au Pk 132 et le train 891 238 est arrêté à Joigny (Pk 148,70) à quai. Aucune circulation n'est engagée sens impair.

Il essaie à 2 reprises de joindre le conducteur par téléphone sans succès. Celui-ci le rappelle vers 6 h 10 pour lui faire part de ses constatations : le conducteur a visité son train pour une alarme simple sur le 125^{e} essieu à Bobigny et n'avait rien constaté d'anormal du 120^{e} essieu à la queue du train. Il a de nouveau été alarmé à Moret, où le

conducteur dit avoir isolé le 125e essieu mais a tout de même demandé aux postes de vérifier l'état de son essieu au passage de son train.

À 6 h 45, l'Astreinte infra indique qu'il y a un essieu déraillé sur le 3e wagon de queue, qu'il s'agit d'un wagon MD code 1173 qui ne présente aucune fuite suspecte, ni odeur. L'astreinte Infra estime que le gabarit de la voie 1 est légèrement engagé et demande d'attendre les agents Voie pour la prise des cotes. Le coordinateur correspondant a décidé de la reprise de la circulation voie 1. En lien avec la cellule de crise, une voie unique temporaire est mise en place sur la voie 2 avec une adaptation du plan de transport. Les moyens de relevage avec le wagon de secours sont engagés avec le train 566 905.

3.2.2 - Le dépouillement des enregistrements des paramètres de conduite

L'enregistreur ATESS (Acquisition et Traitement des Évènements de Sécurité en Statique) sauvegarde certains paramètres de conduite du train. Les vues suivantes présentent un extrait des données issues de la locomotive de tête sur les 369 kilomètres du parcours. La lecture de l'enregistrement permet d'identifier les séquences principales données dans le tableau ci-après sur la marche du train aux différentes étapes de son parcours.

Trajet de Départ de Dourges au Km 75

La figure 15 illustre l'enregistrement ATESS de cette première partie du trajet. Les kilomètres indiqués sont ceux du relevé ATESS. Le Km 0 correspond au passage au signal de sortie du faisceau de Dourges[17]. L'analyse de ces informations permet les constats suivants :

- mise en mouvement à 19 h 49. L'essai de roulage a été réalisé à 4 km/h sur 30 m ;
- l'essai de frein dynamique a été réalisé à 77 km/h, 4,36 km après la mise en mouvement (jusqu'à 55 km/h) ;
- le passage de la gare d'Arras s'est fait à vitesse réduite pour laisser passer une circulation voyageur, au lieu d'un arrêt prévu sur la marche théorique ;
- passage en gare de Douai à 20 h 04, d'Arras à 20 h 20 et de Longueau à 20 h 39.

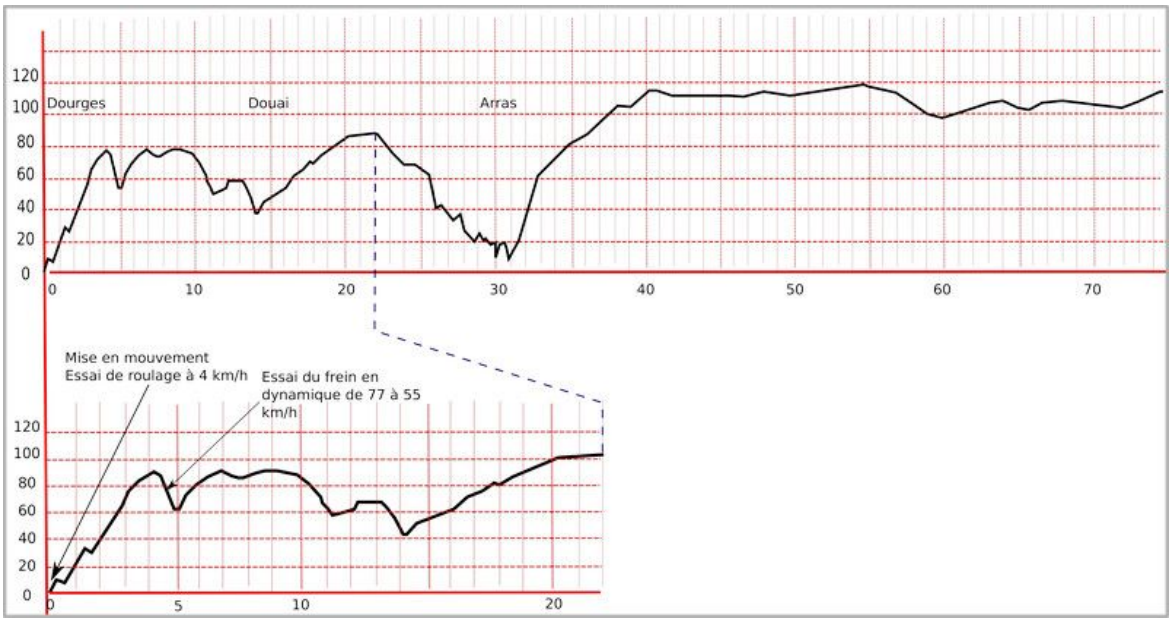


Figure 15 : Relevé ATESS de l'engin de traction – Dourges (abscisse en km) *(Source SNCF modifiée BEA-TT)*

17 Repère ATESS 3744 = Km 0

Trajet du Km 75 au Km 150

La **figure 16** illustre l'enregistrement ATESS de cette deuxième partie du trajet. Les kilomètres indiqués sont ceux du relevé ATESS.

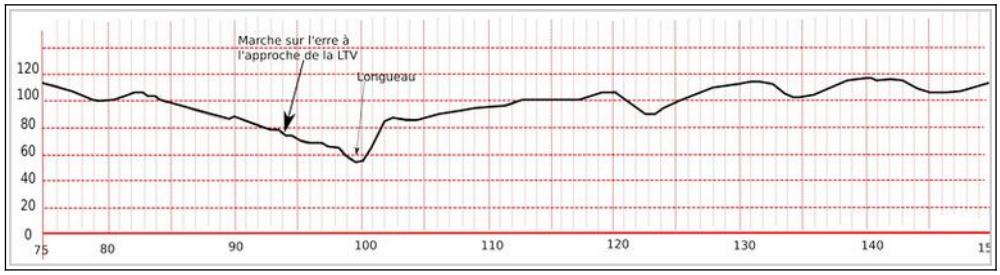


Figure 16 : Relevé ATESS de l'engin du Km 75 au Km 150 (*Source SNCF modifiée BEA-TT)*

L'analyse de ces informations permet le constat d'une marche sur l'erre à l'approche d'une LTV[18] 60 en entrée de Longueau (perte de 40 km/h en 15 km ce qui est conforme soit 2,66 km/h perdus par km parcouru).

Trajet du Km 150 au Km 250

La **figure 17** illustre l'enregistrement ATESS de cette troisième partie du trajet couvrant notamment le passage en gare de Bobigny et de Valenton. L'analyse de ces informations permet les constats suivants :

- au Km 154, ralentissement 30 pour mise en évitement à Creil ;
- au Km 194, arrêt de la traction sur signal « couper courant » ;
- six freinages successifs pour aborder Bobigny en vitesse réduite (environ 60 km/h) pour éviter un arrêt en rampe de 6/1000 en sortie de Bobigny ;
- au Km 217, le conducteur effectue un freinage de service en apercevant le ralentissement 30 km/h du Carré 103 de Bobigny. Il s'arrête en amont de celui-ci puis se remet en mouvement pour entrer sur les voies de service de Bobigny où il s'arrête pour visiter le train ;
- à 1 h 47, remise en mouvement puis essai de roulage concluant à 8 km/h sur 30 m ;
- deux arrêts de la traction sur signal « couper courant » ;
- au Km 240, coupure de la traction et abaissement du pantographe à Sucy-Bonneuil, juste avant Valenton pour changement de mode de traction (25 kV~ vers 1,5 kV=).

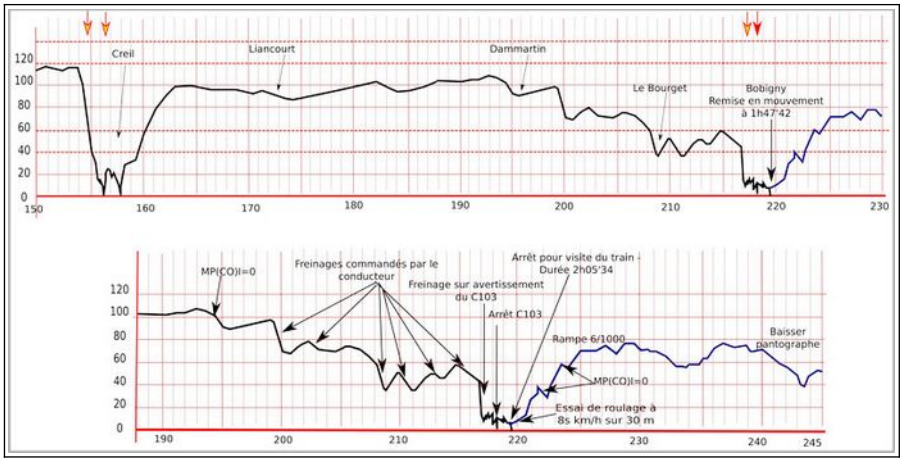


Figure 17 : Relevé ATESS de l'engin du repère 150 à 230 – Zoom sur la séquence à Bobigny
(Source SNCF modifiée BEA-TT)

18 LTV : limitation temporaire de vitesse

Trajet de Valenton à Moret (Km 230 à 310)

La **figure 18** illustre l'enregistrement ATESS de cette quatrième partie du trajet couvrant notamment le passage en gare de Valenton et de Moret.

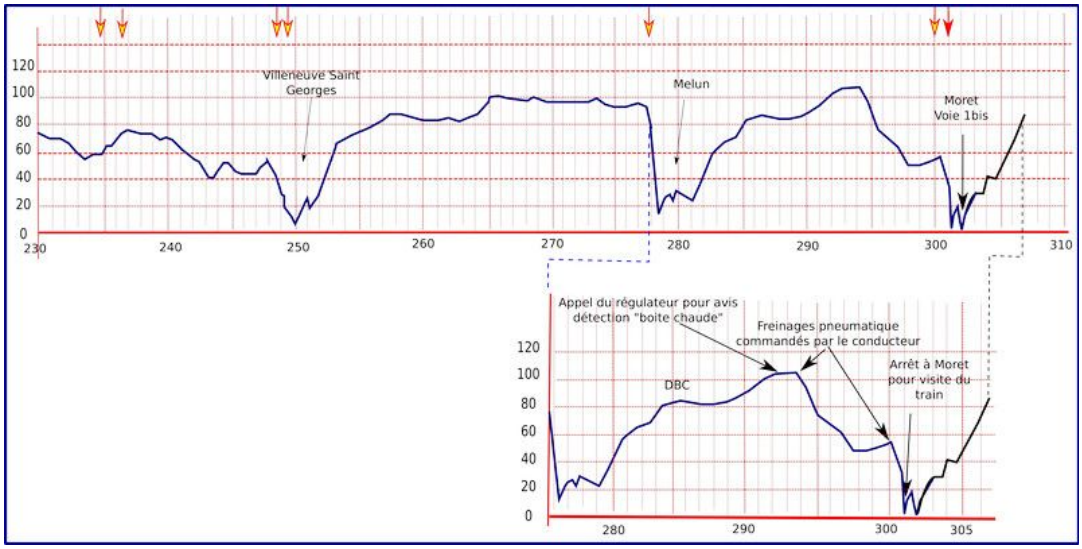


Figure 18 : Relevé ATESS de l'engin du repère 230 à 310 – Zoom sur la séquence à Moret
(Source SNCF modifiée BEA-TT)

L'analyse de ces informations permet les constats suivants :

- En approche de Moret, le conducteur franchit le DBC de Bois-le-Roi puis rencontre successivement un avertissement fermé, le tableau indicateur de vitesse distant présenté puis un carré fermé. Il commande l'entrée de la gare de Moret. À l'ouverture du carré, le train est reçu sur la voie 1bis.
  Il est à noter un délai entre l'avis de l'AC de Moret et le freinage pneumatique (pas d'abaissement de la vitesse par freinage de service à 40 km/h suite à l'avis).
- Remise en mouvement à 4 h 20 – essai de roulage concluant et reprend sa route.
  Il est à noter que le conducteur fixe sa vitesse limite à 100 km/h alors que le calcul du poids frein lui permet une circulation à 120 km/h.

Trajet de Moret à l'arrêt à Saint-Julien-du-Sault

La **figure 19** illustre l'enregistrement ATESS de cette cinquième partie du trajet couvrant notamment les événements précédant le déraillement.

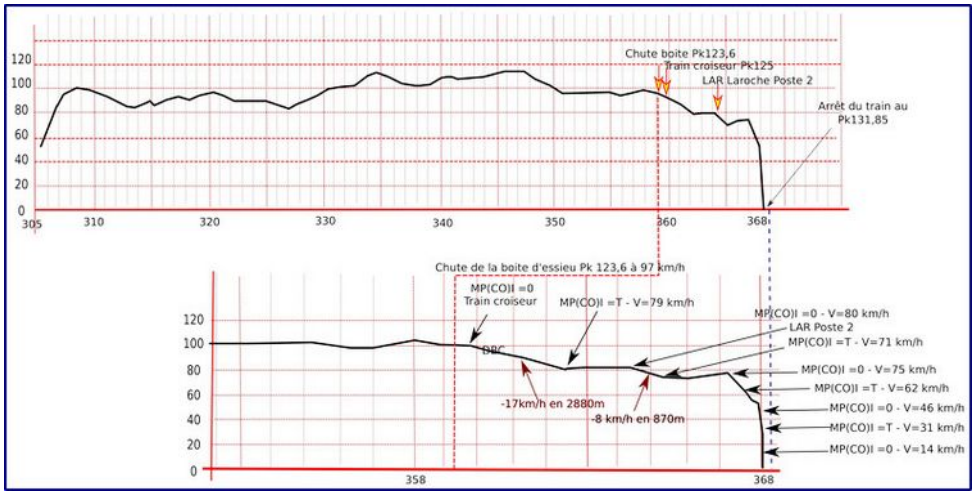


Figure 19 : Relevé ATESS de l'engin de traction – Arrêt final *(Source SNCF modifiée BEA-TT)*

L'analyse de ces informations permet les constats suivants :

- Au Pk 123,605 (Km 360,2) le train évolue à 97 km/h quand le 125e essieu côté droit perd sa boîte d'essieu ;
- Vers le Pk 125 (Km 361,6), à la réception du message radio « train croiseur a vu des étincelles », le conducteur coupe la traction et freine légèrement (décélération à 5,9 km/h par km parcouru) jusqu'à atteindre 80 km/h. À la réception de ce message, même dans le doute, le conducteur doit selon le référentiel de conduite commander le freinage de son train. Le conducteur maintient sa vitesse à 80 km/h sur 2 km avant de couper la traction à la réception de l'avis de confirmation de l'AC du poste 2 de Laroche-Migennes quant à la présence d'étincelles à son train.
- Vers le Pk 128 (Km 364,6), le second essieu déraille entraînant un forte résistance à l'avancement et une fuite sur la conduite générale (CG). Le conducteur coupe la traction à 75 km/h. Il recommande la traction à 62 et 31 km/h avant de s'arrêter.

3.2.3 - Les alarmes générées par les DBC

Le DBC de Daours était hors service le jour de l'accident. Aussi, une organisation de « STEM renforcée » sur la voie 2 par l'AC de Creil a été mise en place pour couvrir le risque, sans conséquence sur la circulation des trains. Deux alarmes simples DBC ont été générées relativement à la circulation accidentée :

1e alarme à l'approche de la gare de Bobigny (point de mesure de Stains au Km 216) : lors de son arrivée en proche région parisienne, le train 50 233 fait l'objet d'un signalement d'alarme simple pour le 125e essieu côté droit par le détecteur de boîte chaude installé à Stains. Aucune anomalie n'est détectée et une étiquette « IN » est apposée sur le wagon concerné.

2e alarme à l'approche de la gare de Moret (point de mesure de Bois-le-Roi au Km 298) : le train fait l'objet d'une seconde détection pour boîte chaude à Bois-le-Roi. À l'instar de la première alarme, celle-ci est aussi de type alarme simple au niveau du 125e essieu, côté droit. Le conducteur détecte un léger serrage de frein 124e essieu qu'il pense être le 125e. Il effectue l'isolement du système de freinage et l'étiquetage du wagon concerné.

Le paragraphe 4.2 reviendra plus en détail sur l'analyse des relevés de DBC.

3.2.4 - Les dommages aux wagons accidentés

Wagon porte-caisses mobiles n° 33 87 4549 131-0

C'est le seul le wagon du train qui a déraillé. C'est le wagon dont la boîte d'essieu, la première du côté droit dans le sens de la marche, a chauffé jusqu'à la fusion de la fusée de l'essieu (**figures 20 et 21**). Le déraillement du premier essieu s'est produit au passage d'un passage planchéié Pk 124,125, lors de la rupture de la fusée qui a entraîné l'éjection de la boîte d'essieu et de ses ressorts sur le ballast.

Figure 20 : Le wagon accidenté-déraillé dans son état final sur la voie 1bis *(Source SNCF)*

Les plaques du constructeur du wagon sont absentes. Il est muni d'une étiquette modèle n° 1 « *À réparer sur place* », le motif de l'étiquetage est effacé.

Figure 21 : Fusée et boîte d'essieu disparues – La boîte d'essieu a été retrouvée au Pk 123,605 à l'extérieur de la voie 1bis *(Source BEA-TT)*

Le premier essieu sinistré

Le collier de l'essieu sinistré porte les inscriptions : 87–NOVA–9074B–536 607–22T5–R7–4. Il s'agit donc d'un essieu construit en 1987 pour NOVATRANS, de type 9074 B et portant le numéro 536 607. Les semelles et porte-semelles entourant la boîte perdue sont manquants, ainsi que les éléments de la suspension LENOIR.

La boîte d'essieu opposée à celle qui a été ruinée est restée en place et porte la marque SKF (boîte identique à celle tombée en voie au Pk 123,605). Les traces du déraillement y sont bien visibles. Sa partie inférieure a frotté sur le rail et sa surface de guidage a flué du fait de la mise en travers de l'essieu. Celui-ci est resté en place, car la circulation après déraillement du premier essieu du bogie a eu lieu en voie courante, en l'absence de tout appareil de voie.

Le second essieu sinistré

Le second essieu du bogie déraillé est muni de boîtes différentes (marque SNR) de celles du premier (boîte à rouleaux simples et non doubles). Selon les constats effectués en voie, cet essieu a déraillé à la rencontre d'un passage pour piétons de marque « STRAIL » au Pk 124,125 (320 m après la chute de la boîte). Du côté droit dans le sens de circulation, les ressorts et volumes entourant la boîte d'essieu sont emplis de ballast, un peu moins du côté opposé. La roue droite déraillée par l'extérieur de la voie a labouré le ballast en le projetant abondamment du côté droit.

Le bogie sinistré

Le châssis « Sambre & Meuse » du bogie est de type Y25 moulé. Il porte une plaque de fabrication datée de 1984 avec le numéro de série 97 855.

Figure 22 : Déformation de la traverse d'extrémité du châssis du premier bogie du wagon *(Source BEA-TT)*

Sa traverse d'extrémité (du côté centre du wagon) est déformée par contact avec le longeron du châssis (**figure 22**), consécutif au cabrage du bogie[19] du fait de sa circulation dans le ballast. À droite dans le sens de circulation, il apparaît une déformation du support d'unité de frein à la rupture de la fusée. En bas à gauche, contact de l'axe d'essieu avec la longrine après rupture de la fusée.

Le châssis ne laisse apparaître aucun gauche malgré les efforts anormaux subis pendant le déraillement. Ce type de châssis en acier moulé est très robuste. Le bogie est réparable.

19 Le cabrage du bogie est dû à la privation de l'appui opposé

Wagon poche n° 8387-459-3227-0

Ce wagon suivait immédiatement le wagon sinistré. Il n'a pas déraillé. Il est muni d'une étiquette modèle K « Ne pas recharger » (motif effacé). Les dommages apparents se situent essentiellement du côté droit dans le sens de circulation. Ils ont été occasionnés par les projections du ballast sur les cylindres de frein, les bogies, les axes d'essieu, etc. (**figure 23**). Les tables de roulement des roues sont impactées par le ballast.

Figure 23 : Projections de ballast *(Source BEA-TT)*

Wagon porte-caisses mobiles n° 33 87 4549 029-6

Le wagon était en 31e position et circulait à vide. C'est le dernier wagon du convoi, derrière le précédent ; il est aussi muni d'une étiquette modèle K « Ne pas recharger » (motif effacé). Il n'a pas été relevé de dégâts lors de l'examen visuel. Le wagon-poche n° 83 87 4593 227-0 (30e position du convoi) et le wagon porte-caisses mobiles n° 33 87 4549 029-6 ont rapidement été remis à l'EF Fret SNCF et rapatriés en atelier.

3.2.5 - Engagement du gabarit de la V1 par le wagon déraillé

Les **figures 24 et 25** montrent depuis l'entrevoie V1 et V1bis, le positionnement final du wagon déraillé vers la voie 1. La boîte du premier essieu est absente et les roues des deux premiers essieux du wagon sont dans le ballast, au-delà des têtes de traverses. La caisse du wagon est de ce fait déportée vers l'entrevoie. Deux points saillants se rapprochent ou engagent le gabarit de la voie 1.

Figure 24 : Bogie déraillé avec boîte manquante *(Source BEA-TT)*

En l'absence d'information quant à la stabilité du wagon déraillé, le conducteur n'a à juste titre pas répondu favorablement aux requêtes de l'AC de Laroche-Migennes et du régulateur de lever les mesures de protection sur la voie 1 au droit du convoi déraillé.

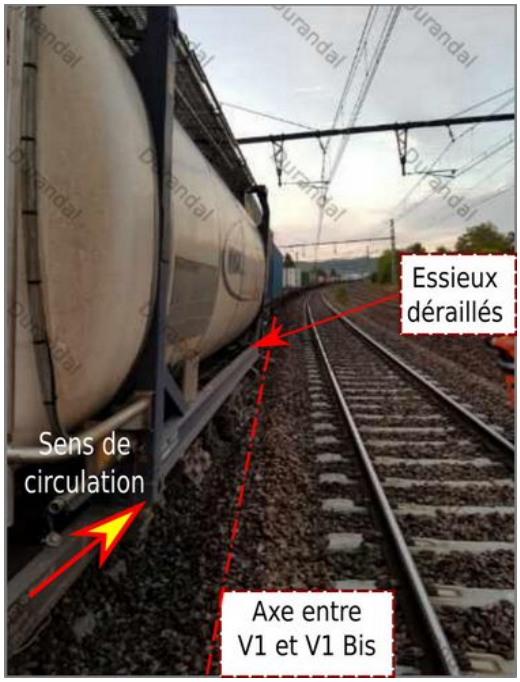


Figure 25 : Mouvement de caisse jusqu'à l'axe entre voie 1 et 1bis - côté de la chute de boîte *(Source BEA-TT)*

3.2.6 - Les dommages à l'infrastructure

Les dommages à la voie

Suite au déraillement, la voie a été remplacée (RVB par suite rapide), du Pk 123,450 au Pk 130,950, soit sur 7,5 km. Au point d'origine du déraillement correspondant à l'éjection de la boîte d'essieu, la voie d'origine était dotée de traverses béton « biblocs ». (**figure 26**).

Des panneaux de la voie ancienne présentent des traverses biblocs aux entretoises très déformées, conséquence du roulement d'une roue entre les rails.

Figure 26 : Blochets détruits après le déraillement du premier essieu *(Source BEA-TT)*

L'expertise de la voie conduit au scénario suivant :

- Au Pk 123,480 début du déraillement. Le premier essieu déraille suite à rupture de la fusée d'essieu, la roue de droite quitte le rail (vers la voie 1). La marque de boudin sur la tête du champignon est visible, ainsi que les marques sur les traverses à droite du rail gauche 1,30 m plus loin. Les premières traces de déraillement sont visibles sur les blochets de la file gauche.
- Au Pk 123,605 la boîte d'essieu est retrouvée sur la banquette de la voie 1 côté voie 1bis. Il n'y a des traces que sur les plots de traverse du rail gauche, les marques étant entre les rails. La situation est inchangée jusqu'au platelage de traversée de voie. L'essieu a dû rouler en crabe entre ces deux points.
- Au Pk 124,125 au niveau du platelage de traversée de voie, apparaît un déraillement du côté droit : les roues droites passent à droite du rail droit et entaillent les traverses. La rencontre du platelage par la roue de gauche déraillée à l'intérieur de la voie a donné une impulsion suffisante pour que le second essieu du bogie déraille.

L'absence de point singulier comme des appareils de voie entre la rupture de la fusée et l'arrêt du train a permis de ne pas entraîner un déraillement de plus grande ampleur.

Les dommages aux installations électriques de signalisation

Une expertise des installations fait apparaître que :

- les équipements de la voie tels que les détecteurs électromécaniques et les diverses connexions aux rails de la file droite, sont détruits ou blessés ;
- les circuits de voies de la voie 1bis n'ont à partir du Pk 124,48 pas été libérés derrière le passage du train.

3.2.7 - Le récapitulatif espace-temps des faits majeurs survenus

Sont aussi donnés dans le tableau suivant à titre indicatif, des évènements particuliers qui ne sont pas inscrits sur l'enregistrement ATESS mais qui seront utiles/approfondis dans la suite du rapport : la perte de la boîte d'essieu (29e wagon au PK 123,480) et le déraillement du premier essieu (29e wagon au PK 124,125). Ce que l'on peut résumer chronologiquement par :

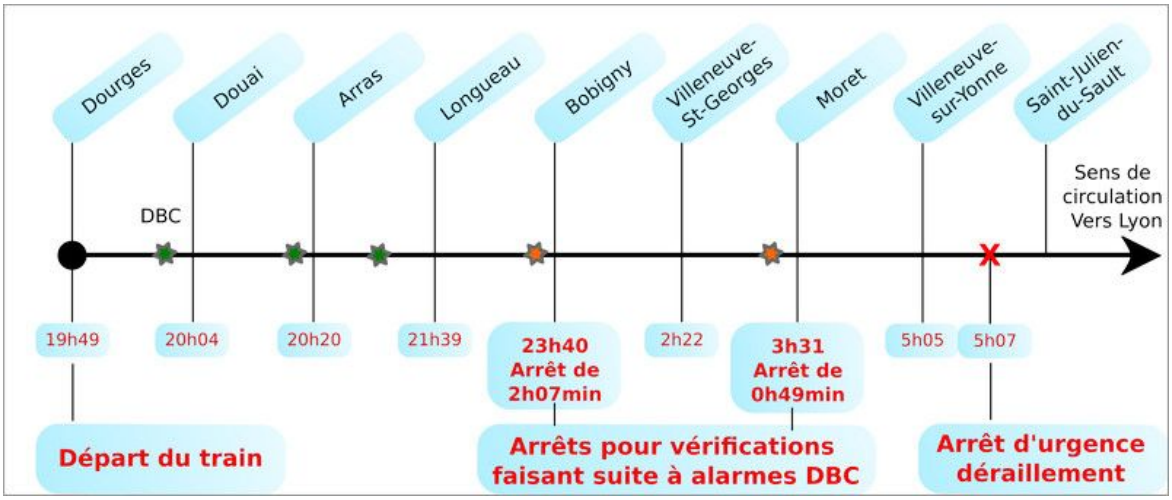


Figure 27 : Horaires et principales étapes *(Source BEA-TT)*

Heure, localisation	Événement et interprétation
19 h 49 Km 0	**Dourges**, le train 50 233 quitte le terminal le 18 août 2020 avec une heure de retard sur l'horaire programmé (19 h 49 au lieu de 18 h 48), à la demande du client. Essai de roulage.
20 h 04 Km 13,5	**Douai (Pk 217,434 – 272 000)**
20 h 20 Km 38,9	**Arras (Pk 192,127)**
20 h 39 Km 105,0	**Longueau (Pk 125,971). L'AC** assure la STEM renforcée suite à la mise hors service du DBC de Daours
21 h 45 Km 167,0	**Creil (Pk 64,000)**, après avoir rattrapé la quasi-totalité de son retard, le train arrive en proche banlieue parisienne, au prix de la suppression de ses deux arrêts
23 h 16 Km 214	**DBC** de Bobigny (Pk 33,446 – 957 000). À réception de l'avis de l'AC, le conducteur applique un freinage de service au Pk 217
23 h 40 à 1 h 42 Km 220,7	**Bobigny (Pk 57,707)**, immobilisation sur les voies de service suite à une alarme simple signalée par le DBC. Aucune anomalie n'ayant été constatée lors de la visite du train, celui-ci repart à 1 h 47
2 h 22 Km 251,0	**Villeneuve-Saint-Georges (Pk 14,386 – 830 000).** Le train rejoint la ligne Paris à Lyon
2 h 52 Km 280,7	**Melun (Pk 44,076)**
3 h 12 Km 298,4 3 h 31 à 4 h 20 Km 303,4	**DBC de Bois-le-Roi (Pk 61,78).** Le train est immobilisé de 3h31 à 4h20 sur la voie 1bis de **Moret (Pk 66,78)** suite à une alarme simple signalée par le détecteur de boîte chaude. Lors de la visite du train une suspicion de frein légèrement serré identifié sur le 28e wagon qui fait l'objet de son isolement.
4 h 49 Km 349,1	**STEM** en gare de Sens (Pk 126,63) du côté droit dans le sens de circulation du train, sans dégagement de fumée ni étincelles
4 h 50 Km 360,1	**Rupture de la fusée** droite du 125e essieu (circulation à 80 km/h au Pk 123,48)
~4 h 51 Km 360,2	**Chute de la boîte** d'essieu droite du 125e essieu (au Pk 123,605)
~4 h 53 Km 360,7	**Platelage de traversée de voie** provoque le déraillement du premier essieu (au Pk 124,125)
4 h 55 Km 361,6	**Message radio du train croiseur** 733 000 signalant des « gerbes d'étincelles » en queue de train 50 233 (environ au Pk 125). Puis message radio de l'AC de Laroche-Migennes (Pk 155), « gerbes d'étincelles en queue de train, je vais te rentrer à Laroche-Migennes ».
5 h 05 Km 363,5	**Villeneuve-sur-Yonne (Pk 126,956)**
4 h 57 Km 367,4	Le conducteur ressent (environ au Pk 128) une résistance à l'avancement suite au **déraillement du second essieu** du bogie. Il observe une fuite CG, déclenche les SAR et SAL puis demande de protection à l'AC de Sens (Pk 126,63).
5 h 07 Km 368,5	**Arrêt de la circulation déraillée** au Pk 131,850 en amont de la gare de Saint-Julien-du-Sault (Pk 134,637).

4 - Compte rendu des investigations effectuées

La rupture de la fusée résulte d'un dysfonctionnement d'une boîte d'essieu du 125e essieu du train côté droit dans le sens de circulation. Ce défaut a amené le BEA-TT à poursuivre ses investigations dans les domaines suivants :

- l'examen du bogie et des essieux du wagon accidenté et de l'historique de maintenance du wagon ;
- l'examen des détecteurs de boîte chaude disposés sur le trajet du train ainsi que les règles d'exploitation des alertes transmises ;
- l'analyse des facteurs organisationnels et humains, notamment concernant le traitement des alarmes délivrées au conducteur tout au long du parcours du train.

4.1 - Analyse du wagon déraillé

Le wagon est du type « wagon poche » numéroté 33 87 4549 131-0 : il a circulé en 29e position[20] chargé de 2 citernes mobiles de matière dangereuse. Le bogie de tête dans le sens de circulation a déraillé. La boîte d'essieu de la roue, côté droit dans le sens de la marche, a chauffé jusqu'à la fusion de la fusée de l'essieu. Le déraillement s'est produit lors de cette rupture de fusée qui a entraîné l'éjection de la boîte d'essieu et de ses ressorts sur le ballast. Le train a encore parcouru 8 km avant qu'une fuite CG n'arrête le train. Les tuyauteries de frein rigides ont été arrachées ; par contre, à l'examen visuel, le châssis du wagon ne paraît pas déformé. L'attelage côté essieu sinistré est absent, retiré lors des opérations de relèvement.

4.1.1 - Le bogie sinistré

Le bogie dont la boîte avant droite a rompu est de type « Sambre et Meuse ». Le collier de l'essieu sinistré porte les inscriptions : 87-NOVA-9074B-536 607-22T5-R7-4G9-J ; il s'agit donc d'un essieu type 9074B, construit en 1987 pour NOVATRANS et portant le numéro 536 607. Les semelles et porte-semelles entourant la boîte perdue sont manquants, ainsi que les éléments de la suspension Lenoir. Le marchepied à proximité est fortement déformé.

Figure 28 : Le bogie sinistré (vue côté droit) *(Source BEA-TT)*

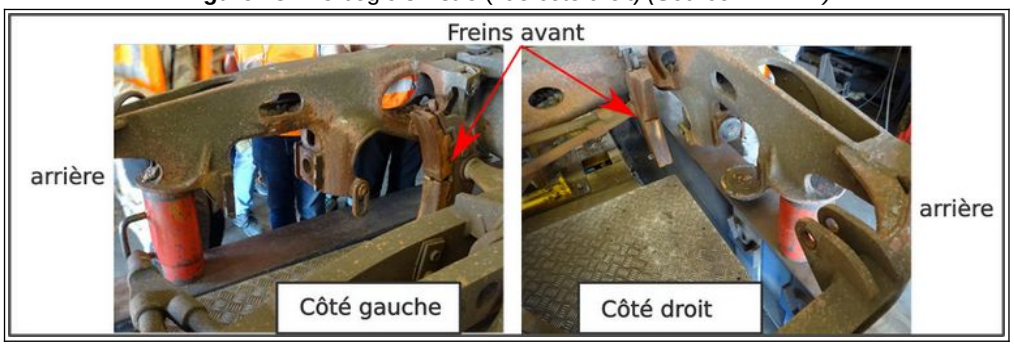


Figure 29 : Bogie sinistré *(Source BEA-TT)*

20 Orienté de telle façon que l'essieu 7/8 (roue 7 – roue 8) circule en tête

4.1.2 - L'essieu à l'origine du déraillement

Relevé manuel des profils de roue de l'essieu accidenté

Les roues portent les stigmates du déraillement : écartement des faces internes des roues : 1 360,1 / 1 360,4 / 1 359,4 (valeurs conformes) ; diamètre, hauteur de boudin, épaisseur de boudin et valeur QR (relevés en 3 points à 120°).

(mm)	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3		(mm)	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Diamètre		914,5	915		Diamètre		914,7	913,5
H boudin	28,2	28	28,2		H boudin	30,7	30,7	30,6
Ep boudin	33,1	32,4	32,4		Ep boudin	32,5	32,3	32,4
QR	12,1	12	11,9		QR	12,5	12,4	12,3

Mesures : Roue 8 Gauche (côté non accidenté) et *Roue 7 Droite* (côté accidenté)

Numérisation de l'essieu

Bien que les valeurs précédentes soient conformes, les parties ont décidé de réaliser une numérisation complète de l'essieu[21] : scan 3D ou relevé tridimensionnel de précision. Les résultats de cette numérisation font apparaître que :

- La roue du côté opposé au sinistre (côté boîte d'essieu de gauche) ne présente pas d'anomalie dans sa géométrie, numérisée au scanner tridimensionnel.
- L'axe en lui-même est exempt de déformation notable.
- La roue du côté sinistré (côté boîte d'essieu de droite) présente une particularité géométrique, un « creux » d'une profondeur maximale de 3 mm environ, sur un angle d'environ 30° (arc de 25 cm) selon les schémas extraits du rapport du CETIM (**figures 30 et 31**). Ce ne peut être un plat consécutif d'un blocage d'essieu, dans la mesure où l'autre roue n'en est pas affectée.

La norme EN 15313[22] limite ce type de défaut à 0,7 mm en profondeur[23], faute de quoi il existe un risque de dégradation interne du fait des chocs de roulage importants transmis à la boîte d'essieu.

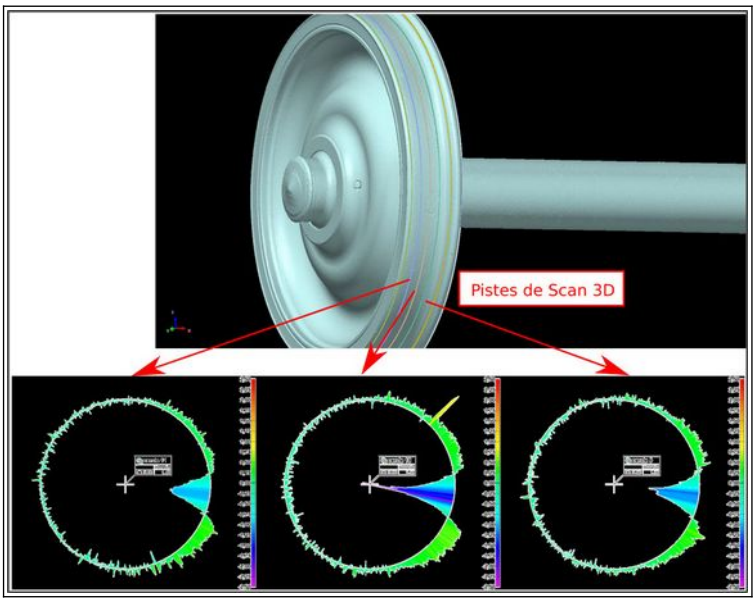


Figure 30 : Bogie sinistré – défaut sur la table de roulement *(Source CETIM modifiée BEA-TT)*

21 Rapport du CETIM réf. CET0200608 de février 2023
22 EN 15313 « Exploitation des essieux en service – Maintenance des essieux en exploitation ou déposés »
23 Valeur limite fixée à 0,6 mm dans le CUU

Cette non-circularité importante de la roue est de nature à transmettre des chocs importants à la boîte d'essieu et provoquer le matage des rouleaux. La table de roulement de la roue du côté accidenté a fait apparaître un défaut ponctuel mesuré par le scanner (**figure 30**). Il est situé angulairement au droit du creux de 3 mm identifié préalablement.

La saillie de la table de roulement change de largeur (+1 mm) au droit de ce défaut, faisant penser que la roue a circulé dans cet état, entraînant la création de cette déformation. Des recherches sont en cours par les parties prenantes pour caractériser plus précisément, sur le plan métallurgique, l'origine de ce défaut, sans que les résultats ne soient disponibles à l'heure où nous publions ce rapport. Le premier essieu a déraillé suite à la rupture de sa fusée droite dans le sens de circulation, celle-ci a eu lieu au ras du voile de la roue (**figure 31)**.

Figure 31 : Fusées de l'essieu sinistré (côté droit) *(Source CETIM)*

Le faciès de rupture de la fusée du côté droit montre qu'un échauffement important jusqu'à une température de fusion a eu lieu. La faible distance avec le voile de roue montre qu'*a minima* le roulement intérieur (le plus proche de la roue) est fortement monté en température. L'essieu s'est mis « en crabe »[24].

La numérisation de la roue n°8 ne montre aucun défaut de circularité, éliminant de fait tout effet potentiel d'un défaut de freinage de l'essieu (plat sur les deux roues…).

Expertise métallurgique de la roue 7

L'expertise métallurgique de la roue montre que le défaut de circularité est dû à un repli et défaut de forgeage de la roue dans la zone où a eu lieu l'Affaissement Écrasement Localisé (AEL). Le défaut ponctuel observé vers le centre de la zone affaissée révèle une profondeur d'environ 4,5 mm (sur une profondeur maximale d'examen par ultrason de 40 mm). Il présente un faciès caractéristique d'un « repli de forge », avec des inclusions d'oxydes métalliques qui se forment à haute température

Une opération de RAT recherche les indices de vibrations excessives, comme des éléments rompus, desserrés, un fort bruit anormal, etc. Or il s'avère qu'aucun agent n'a fait état de tels défaut sur le bogie concerné.

Bien que rare, ce type de défaut n'est en rien exceptionnel. Il doit donc être recherché et détecté au plus tôt lors des opérations de surveillance et de maintenance réalisées par les ECE, tout particulièrement pour les wagons et voitures circulant à grande vitesse (>100 km/h) où une évolution rapide du défaut peut conduire à une situation dangereuse.

Le BEA-TT considère comme hautement probable que le défaut AEL soit antérieur au

24 L'essieu n'est plus entraîné par le bogie que sur la roue gauche. Celle-ci se retrouve légèrement en avance sur la roue droite, l'axe de l'essieu n'est plus perpendiculaire au sens de circulation, ce dans les limites de l'écartement de la voie, des parties des boudins sous le plan de guidage des rails (1 cm sous la table de roulement).

dernier trajet, même si la RAT et le contrôle au défilé, tous deux effectivement réalisés, n'ont rien relevé. En tout état de cause, il est difficile de détecter ces « bruyances » parmi les bruits de roulement de ces wagons.

La boîte d'essieu sinistrée (boîte de droite)

L'arrière de la boîte d'essieu a partiellement fondu. L'élévation de température a aussi entraîné la rupture par fusion de la fusée de l'essieu. Sa rupture a entraîné la chute de la boîte d'essieu dans le ballast[25], laissant la structure du bogie passer en dynamique sous l'axe de l'essieu. Le T de levage[26] ne s'est ni rompu ni desserré, il est resté accroché au couvercle de la boîte. Les plaques d'usure manganèse de bogie et de boîte sont dessoudées, indice d'un possible défaut de circularité de la roue[27].

L'examen visuel extérieur de la boîte

Il fait apparaître que celle-ci s'est fortement déformée pour laisser échapper vers le haut l'extrémité de la fusée rompue (**figure 32**). Le moignon de la fusée est sorti par le haut à l'arrière de la boîte ; l'avant de la boîte est quasi intact et l'arrière « fondu », attestant d'une température supérieure à 1 400 °C.

La **figure 33** présente une vue de l'arrière (côté roue). La partie supérieure de la collerette s'est ouverte quand l'essieu s'est séparé de la boîte. La section rompue de la fusée est restée dans la boîte d'essieu sinistrée et s'est amalgamée avec les pièces du roulement.

Le démontage de la boîte d'essieu sinistrée fait apparaître que le roulement intérieur a été le premier à se bloquer, entraînant une friction de la bague intérieure sur la fusée de l'essieu. L'échauffement provoqué par cette friction s'est transmis à la bague extérieure. Sous l'effet de la friction la fusée de l'essieu a perdu de la matière, l'arrière de la boîte a fondu.

La **figure 34** illustre l'état des différents éléments de la boîte sinistrée une fois le couvercle de la boîte retiré. L'état non altéré du chapeau d'axe et de ses trois vis de fixation montre qu'il ne s'agit pas d'un désassemblage du palier mais bien d'un grippage du roulement de la boîte.

Figure 32 : Vue de haut de la boîte « fondue » montrant la sortie « par le haut » de la fusée d'essieu rompue *(Source BEA-TT)*

25 Dans cette situation la boîte n'est plus retenue par le bogie que par le « T de levage » à son extrémité.

26 Le « T de levage » est une pièce métallique en forme de T fixé à la boîte d'essieu pour solidariser l'essieu au bogie en cas de levage. La perte du T de levage est un indice de défaut de circularité de la roue selon le CUU.

27 Contrat uniforme d'utilisation des wagons (CUU) – Annexe 10 Indices relatifs aux défauts de circularité des roues – Figure 7.

Figure 33 : Vue de l'arrière (côté roue) ; la partie supérieure de la collerette s'était ouverte quand l'essieu s'est séparé de la boîte et refermée à l'éjection de cette dernière dans le ballast *(Source BEA-TT)*

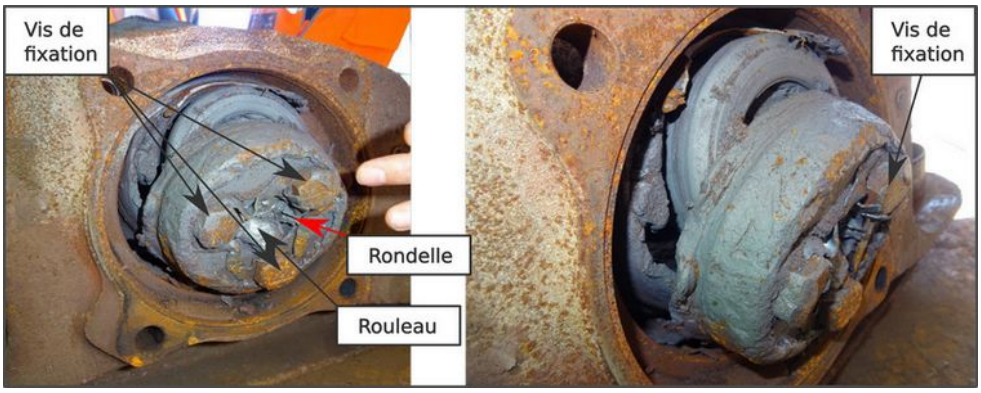


Figure 34 : *gauche* : vue de la boîte côté extérieur, de ses 3 vis de fixation, de la rondelle déformée et présence d'un ou plusieurs éléments roulants au centre
droite : état du roulement extérieur, des vis de fixation et du frein *(Source BEA-TT)*

L'examen avec découpes de la boîte d'essieu sinistrée

Il s'agit d'une boîte d'essieu équipée de roulements à rotules sur rouleaux ; ceux-ci sont donc en forme de tonneaux. Toute forme géométrique a disparu sur les débris de rouleaux présents dans la boîte. La température atteinte est extrêmement élevée : jusqu'à 1 400 °C lors de la fusion de la fusée d'axe d'essieu. C'est la cage qui a fondu la première, car elle constitue la pièce du roulement la plus mince, faite d'acier dont la température de fusion est plus faible que celle des rouleaux et des bagues. Plus aucune forme n'est visible pour cette pièce. Aucun défaut de montage ne peut être détecté à l'examen de la ruine du palier. Les bagues extérieures sont restées les plus saines de l'ensemble, les bagues intérieures forment un amalgame.

De ce qui précède on peut déduire le scénario d'échauffement de la boîte :

1) Rupture de la cage de roulement intérieur, a priori, compte tenu de ce qui a été vu avant, consécutif au mauvais état des roulements de boîte et aux chocs répétitifs créés par le défaut relevé sur la table de roulement ;
2) Mise en travers des rouleaux ;
3) Blocage du roulement intérieur, puis extérieur du fait des débris ;
4) Friction de la fusée dans les bagues intérieures et dégagement de chaleur très important par frottement ayant entraîné la fusion de la boîte ;
5) Fusion de la fusée d'axe et du roulement.

Les **figures 35 à 37** présentent l'état des différents éléments de la boîte sinistrée après que celle-ci fut coupée verticalement.

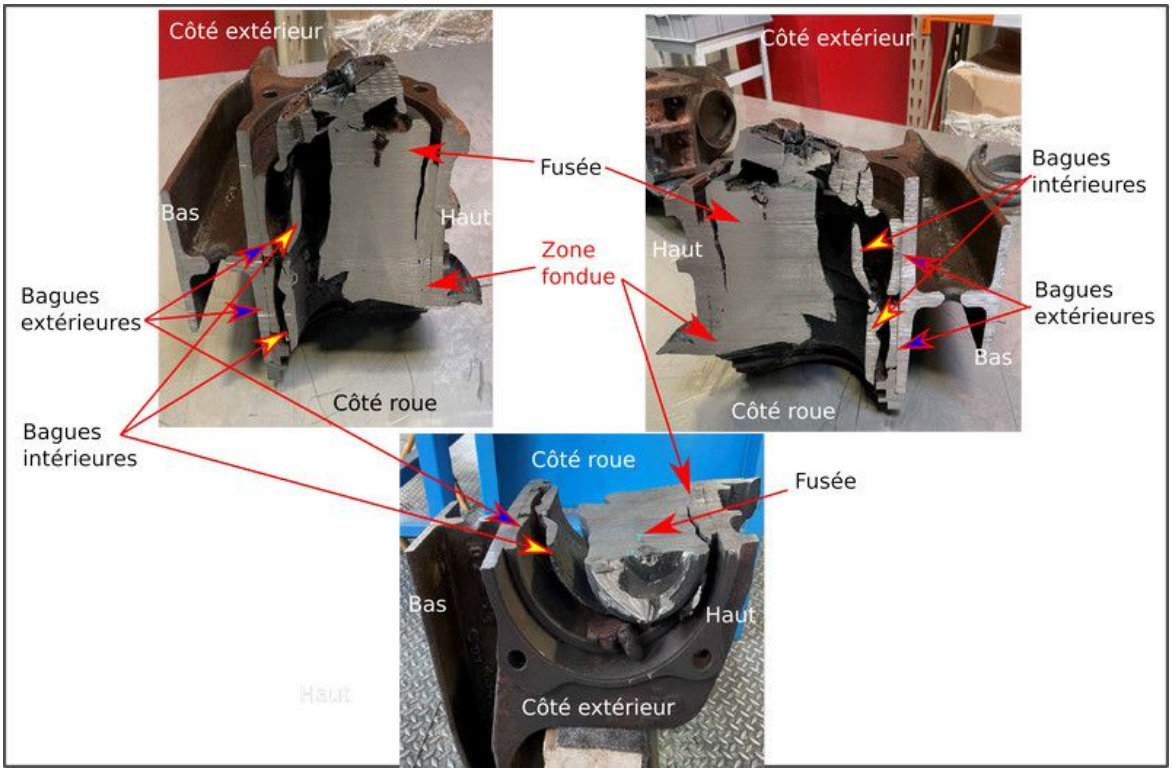


Figure 35 : Boîte d'essieu sinistrée coupée verticalement *(Source CETIM modifiée BEA-TT)*

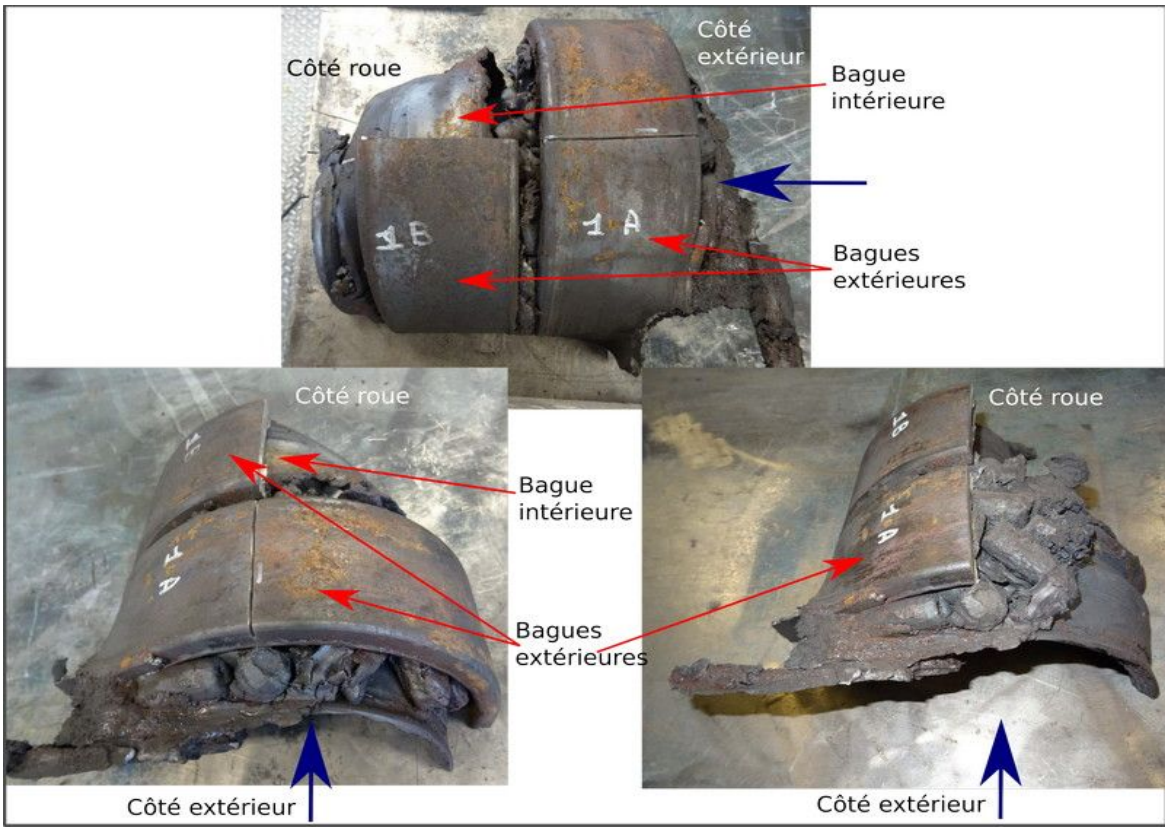


Figure 36 : Bagues extérieures et bagues intérieures, fusée d'essieu retirée *(Source CETIM modifiée BEA-TT)*

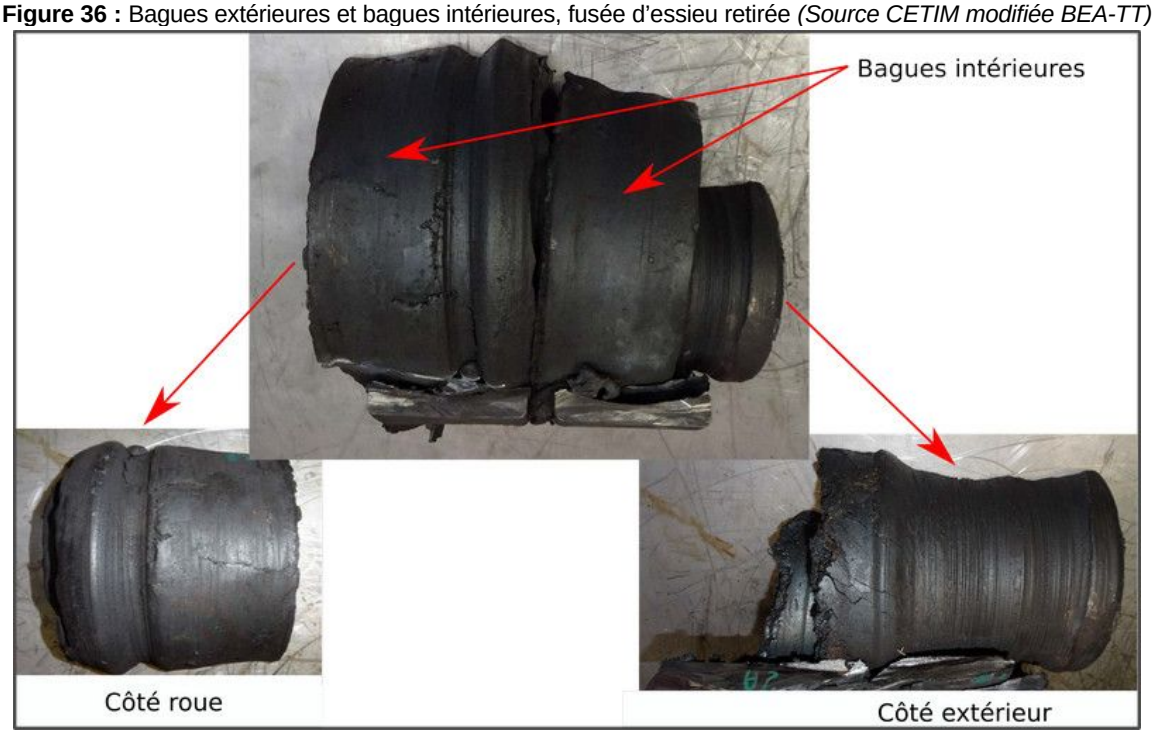


Figure 37 : Fusée d'essieu rompue avec et sans bagues intérieures *(Source CETIM modifiée BEA-TT)*

La boîte d'essieu opposée à celle qui a été ruinée

Cette boîte est restée en place sur l'essieu. Elle porte de même que la précédente la marque SKF. Les traces du déraillement y sont néanmoins visibles : sa partie inférieure a frotté sur le rail, et sa surface de guidage a flué du fait de la mise en travers de l'essieu. Le dessous de la boîte est très abîmé.

Au démontage du couvercle, le chapeau et ses 3 vis apparaissent intacts. Les traces de « fretting corrosion »[28] sur les bagues extérieures sont importantes. Un premier contrôle de serrage à la clef dynamométrique réglée à 50 m.N est effectué : les vis bougent toutes trois alors que leur couple de serrage nominal devait être de 200 m.N. Il s'est donc produit une perte de précontrainte dans les vis. Au démontage des vis et contrôle des taraudages il apparaît que le côté « passe » du tampon de contrôle est serrant, ce qui atteste de filets déformés, probablement comme ceux des vis que l'on peut attribuer aux efforts axiaux anormaux engendrés par l'accident. L'extrémité de la fusée est peinte en blanc, ce qui signifie qu'elle est en « cote réparation » : la portée de calage de la roue est rectifiée au diamètre 159 au lieu de 160. Le bout d'axe porte les inscriptions : 9074B / 536 607 / NOVA. La boîte d'essieu est équipée de deux roulements à rouleaux. Après repérage et lavage les roulements sont examinés (**figures 38 à 40**) :

- **Roulement extérieur** : Il y a la présence de « fretting corrosion », de traces de frottement sur cage, de traces de martelage par des corps étrangers, de traces de frottement visibles sur le côté des bagues de roulement et enfin des « piqûres » en chaînette sur rouleau (dues à des arcs électriques). Dans l'état où il a été examiné, ce roulement est à rebuter du fait de piqûres en chaînette[29], stries sur les rouleaux, empreintes de martelage sur les pistes intérieure et extérieure, début de grippage, fretting corrosion.
- **Roulement intérieur** : Type SKF 229 750 de 1988[30]. Importante zone de « fretting corrosion » sur bague extérieure (apport de métal) et piqûres en chaînette sur piste intérieure. Dans l'état où il a été examiné, ce roulement est également à rebuter pour les mêmes raisons.

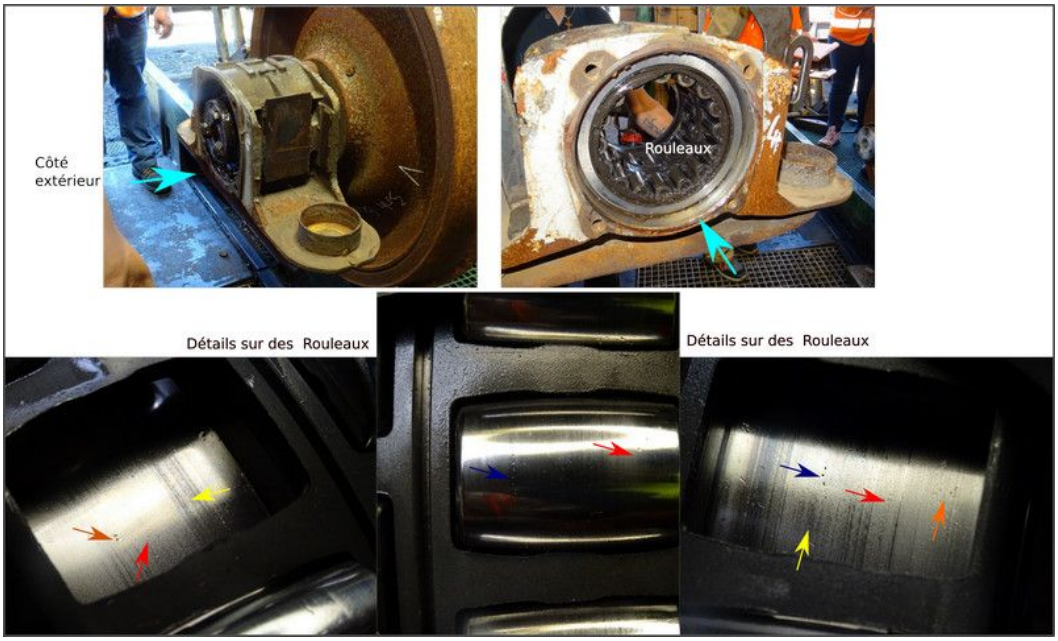


Figure 38 : Haut gauche et droite Examen des roulements de la boîte opposée à celle ruinée :
Bas gauche : Présence d'usure (flèche jaune), de nombreuses indentations (flèche rouge) et de fatigue de contact naissante de type micro-écaillage (flèche orange)
Bas milieu : Présence de passage de courant électrique en chaînette (flèche bleue) et d'indentations (flèche rouge)
Bas droite : Présence de fatigue de contact naissante (flèche jaune), de passage de courant électrique en chaînette (flèche bleue), de nombreuses indentations (flèche rouge) et de micro-écaillage (flèche orange) *(Source BEA-TT)*

28 Le terme de fretting, usure de contact, décrit les phénomènes physiques particuliers d'usure, déformation, oxydation, corrosion, fissuration, adhésion ou autres modifications physicochimique, électrochimique et structurale de la matière quand deux surfaces en contact sont soumises à des mouvements oscillatoires d'amplitude inférieure à la taille du contact. Cette sollicitation est généralement induite par des vibrations ou des déformations relatives de pièces qui imposent des déplacements relatifs de très faible amplitude entre les faces en contact d'éléments assemblés.

29 Les boîtes d'essieu des wagons de fret ne sont pas équipées de tresses électriques reliant l'essieu à la masse du wagon et permettant de « shunter » les roulements afin de leur éviter une altération par arc électrique entre les rouleaux et l'essieu.

30 Ce roulement, rénové, a été mis place sur l'essieu 536 607 par l'atelier de Tergnier entre septembre et novembre 2017.

Figure 39 : Gauche : traces de martelage d'un rouleau par des corps étrangers
Milieu : « *fretting corrosion* » – Droite : Piqûres en chaînette sur rouleau *(Source BEA-TT)*

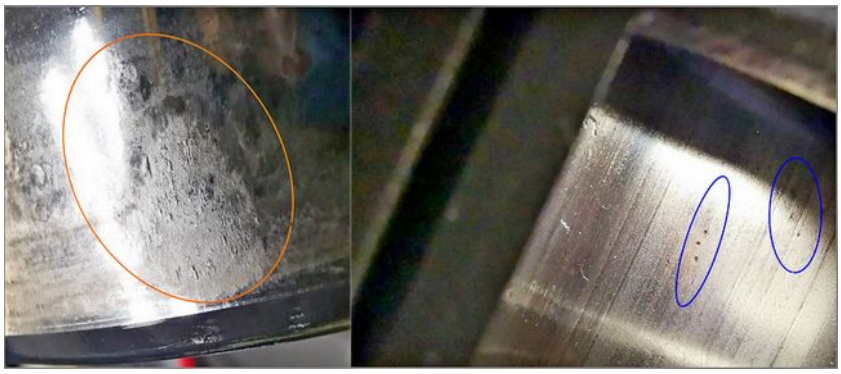


Figure 40 : Gauche : traces de « *fretting corrosion* » qui témoignent d'un échauffement anormal
Droite : de piqûres en chaînette sur la piste intérieure *(Source BEA-TT)*

Il s'avère que l'historique des deux boîtes est le même en termes d'ancienneté, de maintenance préventive et corrective. Aussi, le BEA-TT s'interroge si ces dégradations, produites par « fretting corrosion » et le passage de courants électriques susceptibles de concerner toutes les parties métalliques du wagon, ne touchaient pas également la boîte qui a fondu de l'autre côté de l'essieu.

Il est à noter que ces défauts de « fretting corrosion » entraînent des vibrations mais également des bruyances malheureusement difficilement détectables lors d'un contrôle au défilé (sauf si les désordres observés sont très importants) ainsi que lors des opérations de STEM. Compte tenu de l'état du roulement, il est probable qu'ils soient apparus quelques mois avant le déraillement.

4.1.3 - Le second essieu du bogie accidenté

Côté gauche

Les taraudages de l'axe d'essieu recevant les vis de fixation du chapeau ne montrent pas d'anomalie. L'extrémité de la fusée est peinte en blanc : portée de calage de roue au diamètre 159. Le bout d'axe porte les inscriptions : 9074B–561 126–10/97–A1N (côté gauche). Le roulement avant est marqué 04/2017–WV5–SNR–9993UI–10 663. L'aspect visuel du palier ne révèle pas d'anomalie.

Côté droit

Les vis de chapeau et plaquette arrêtoir sont conformes. Le contrôle des couples de serrage est conforme, les 3 vis sont serrées entre 100 et 200 m.N. Le contrôle des taraudages montre que l'un d'entre eux est légèrement serrant. L'extrémité de la fusée est peinte en blanc : portée de calage de roue au diamètre 159. Le bout d'axe porte les inscriptions : 9074B–561 126 (côté droit). L'aspect visuel du palier ne révèle pas d'anomalie.

4.1.4 - Les opérations de maintenance de l'essieu et de la boîte accidentée

La documentation du wagon n° 33 87 4549 131-0 a permis de rassembler sur les éléments de la **figure 41** sur les composants du bogie déraillé.

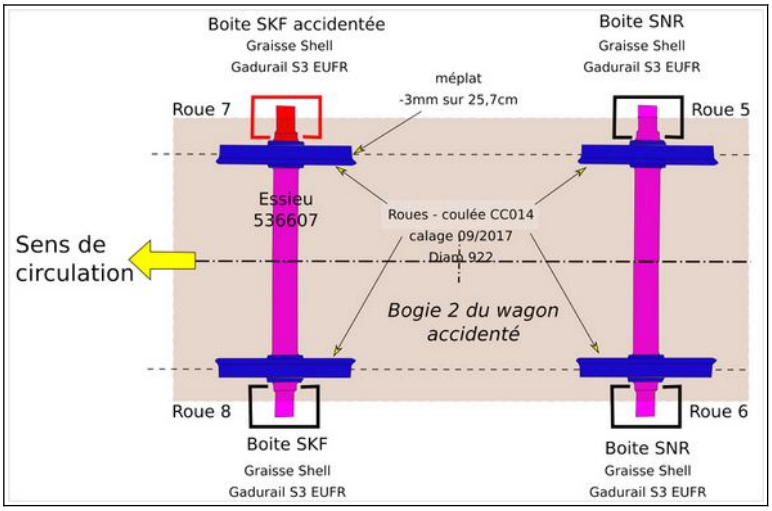


Figure 41 : Description schématique du bogie déraillé *(Source BEA-TT)*

L'essieu 536 607 avec ses roues et boîtes associées a fait l'objet des opérations de maintenance de la **figure 42** dans les années précédant le déraillement d'août 2020.

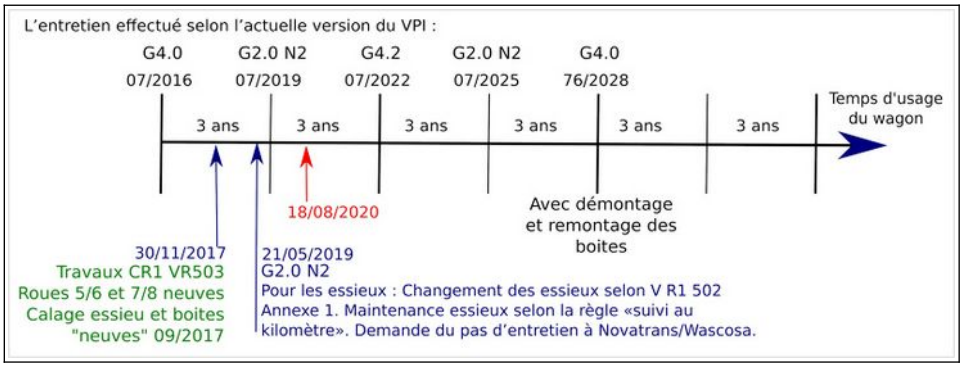


Figure 42 : Opérations d'entretien effectuées selon le guide VPI 01 – La roue 7 fabriquée en juin 2017 L'essieu 536 607 avec les roues 7/8 a été mis sous wagon le 30/11/17 *(Source BEA-TT)*

L'historique de la maintenance du wagon et de l'essieu[31] fait apparaître les opérations suivantes :

Le wagon n° 33 87 4549 131-0

- Le wagon a fait l'objet de plusieurs remplacements de ses 32 semelles (novembre 2014, avril 2015, septembre 2015, décembre 2015, mai 2016). Le 6 juillet 2016 le wagon a fait l'objet de la révision périodique G4.2 aux ateliers SOGEEFER[32]. Les essieux 5/6 et 7/8 (n° 2 014 031 et n° 20 140 033) ont été déposés et remplacés par les essieux n° 2 015 104 et n° 2 014 096. Le motif de cette dépose était EC (écaillage). Le wagon est ressorti des ateliers le 28/07/2016.
- Le 8 novembre 2016 les ateliers SEGI ont pris en charge le wagon pour « expertise de méplat sur l'essieu 7/8, roue 7 et contrôle des autres roues ». La réparation ne pouvant être réalisée sur site, le wagon est pris en charge par les ateliers SOGEEFER en décembre 2016. Il y est procédé au remplacement des essieux 5/6 et 7/8 du wagon. Les essieux n° 2 015 104 et n° 2 014 096 ont été remplacés par les essieux n° 2 015 108 et n° 2 015 100.
- En avril 2017 il est constaté la présence d'une surcharge thermique sur un essieu et l'atelier SEGI a procédé à sa réforme. La société SOGEEFER procède en mai 2017 à l'examen de l'essieu et sa remise en peinture.
- En septembre 2017, les semelles du wagon ont été signalées usées au motif de remplacement CUU 1.2.2, soit l'existence d'une surcharge thermique due à un frein serré. Le wagon a été pris en charge par l'atelier italien COSMEF. En raison de cette surcharge il a procédé le 30 novembre 2017 au remplacement des essieux 5/6 et 7/8. Les essieux 5/6 (n° 2 015 108) et 7/8 (n° 2 015 100) ont été remplacés par les essieux 5/6 (n° 561 126) et 7/8 (n° 536 607) ;
- Depuis cette date et jusqu'au sinistre, soit en près de 2 ans et 9 mois, le wagon n° 33 87 4549 131-0 avec ses essieux n° 536 607 et 561 126 et boîtes remis à neuf n'a connu aucun incident. Aucune intervention n'a été réalisée sur ces organes avant la date du déraillement ;
- Ce wagon fait l'objet ensuite d'une révision périodique G2.0 N2 à l'atelier de SOGEEFER du 9 mai 2019 au 26 mai 2019. À cette occasion l'essieu 3/4 (n° 2 014 016) a été remplacé par l'essieu 3/4 (n° 2 015 097). L'essieu 7/8 (n° 536 607) n'a pas été remplacé. Aucun incident de circularité n'a été ni recherché ni enregistré. Cette révision périodique G2.0 N2 incluait en effet la réalisation d'un contrôle des essieux « *selon V R1 502 Annexe 1 ou VPI 01 Annexe 21* » sans mesure de la circularité des roues.

31 L'essieu incidenté est l'essieu 87–NOVA–9074B–536 607–22T5–R7–4
32 La société SOGEEGER est à la date de l'accident qualifiée ECE et habilitée VPI, et est considérée comme « centre essieux ».

L'autorisation de remise en circulation du wagon a été émise par SOGEEFER en mai 2019.

Le BEA-TT considère comme hautement probable que le défaut d'AEL était déjà présent à cette date. En effet, l'AEL et le défaut local de la table de roulement n'ont pu être détectés par l'œil avisé des experts participant à l'examen de la roue dans le cadre de l'expertise judiciaire. Seul le CETIM, chargé d'examiner et numériser la roue du côté de la boîte chaude, les a découverts. Dans ces conditions, il paraît difficile d'imaginer que ce type de défaut puisse être repéré lors d'une RAT (dans des conditions beaucoup plus difficiles qu'en atelier), ni lors d'un passage en atelier sans dépose de l'essieu et sans recherche dûment instrumentée de ce type de défaut.

- Depuis cette opération, aucun incident sur ce wagon n'a été enregistré.

L'essieu 536 607 et ses roues

- L'essieu n° 536 607 a été fabriqué en 1987 par VALDUNES pour NOVATRANS ;
- Jusqu'en 2013 l'essieu a équipé le wagon n° 33 87 4549 131-0. Le 14 avril 2014 les quatre essieux en place (n° 536 607, n° 692 773, n° 683 167, n° 470 082) ont été déposés aux ateliers SNCF de Joigny et remplacés par les essieux n° 718 978, n° 692 751, n° 469 844 et n° 558 538. Le motif de leur dépose était EXC (exfoliation) sur les roues. À la suite de cette dépose, l'essieu n° 536 607 a été envoyé à l'atelier SNCF de Tergnier. Le wagon a été remis à la disposition de Fret SNCF le 25 juin 2014.
- L'atelier de Tergnier de SNCF Direction du Matériel a totalement refait à neuf l'essieu n° 536 607, l'a contrôlé et a émis ses certificats de conformité en date du 21 septembre 2017 (cotes d'un essieu neuf). Il en a été de même pour son attenant n° 561 126. Il est à noter que ces certificats précisent que lors de cette opération, ces deux essieux ont fait l'objet d'une révision CR1 (**roues neuves** – axe récupéré), incluant le calage de leurs roues droite et gauche et des roulements, ainsi que le graissage des essieux et de leurs boîtes. L'essieu n° 536 607 et ses boîtes ont fait l'objet d'un reconditionnement complet à cette date. Le certificat de l'atelier de Tergnier conclut que cet essieu a été révisé « *conformément aux documents de référence approuvés par la Direction du Matériel et de la Traction de la SNCF* » ;
- Depuis cette opération, aucun incident sur cet essieu n'a été enregistré.

Contenu de l'opération de révision périodique G2.0 N2 et G4

Le référentiel VPI 01 précise pour cette opération les points suivants.

La révision périodique inclut une opération de contrôle des essieux, notamment pour les opérations suivantes classées « IS 1 »[33] :

- Contrôle visuel – Méplats d'une étendue supérieure à 30 mm (un angle de 30° induit une longueur > 30 mm) ;
- Contrôle visuel – Saillies supérieure à 3 mm (largeur de jante > 138 mm) [IS1] (in fine il y avait une saillie de 1 mm) ;
- Mesurage d'essieu – 840 mm ≤ dM < 1 000 mm : 1 357 mm > AR > 1 363 mm ;
- Concentricité – Essieux avec écart de concentricité (H) : dMN > 360 mm : > 0,5 mm.

Lors de chaque entrée en atelier, maintenance corrective ou préventive cyclique, les essieux sous wagon doivent être contrôlés visuellement conformément à l'annexe 19 du référentiel VPI 01 afin de s'assurer qu'ils respectent les exigences pour le maintien en exploitation.

L'annexe 21 décrit notamment les avaries visibles inadmissibles sur les tables de roulement et requiert que les défauts constatés soient supprimés, le cas échéant en

33 VPI 01 annexe 21 quant aux roues monoblocs et les boîtes d'essieu

déposant l'essieu à réparer. La même annexe précise qu'à chaque révision, les essieux montés doivent être soumis à une opération « IS 0 » et précise que si un des critères de dommage est rempli, l'essieu doit subir une réparation. Le contrôle de la circularité des roues n'est prévu qu'à la suite d'un incident signalé sur l'essieu (et non au titre de la maintenance préventive périodique)**.**

Les niveaux de maintenance G4.0, G4.2 et G4.8 prévoient des travaux planifiés sur les organes de roulement, il s'agit notamment de « Vérifier l'absence de défauts et de dommages sur les essieux » selon les critères de l'annexe 21. Selon le plan de maintenance VPI, le défaut de circularité de la roue n° 7 n'aurait pu être recherché et détecté que par une opération de maintenance préventive cyclique G4.2 programmée avant le 28 juillet 2022, soit plus de 3 ans après la date de l'accident. Bien que la société SOGEEFER soit « un centre essieux », l'application stricte des référentiels applicables (EN et VPI) ne donne aucune chance de détection du défaut de circularité de la roue n° 7. le BEA-TT considère donc qu'en l'état des référentiels, il n'était pas techniquement possible pour la société SOGEEFER de détecter les désordres à l'origine de cet accident.

4.1.5 - Synthèse opérations de maintenance

Le BEA-TT considère comme hautement probable que le défaut de circularité de la roue était présent lors du dernier passage en atelier. L'expertise métallurgique du CETIM montre en effet que le défaut a été introduit lors de la fabrication de la roue. L'AEL s'est développée progressivement à compter de la mise en circulation de la roue. De plus, aucun élément ne permet d'affirmer que le taux de couverture des contrôles ultrason en atelier ait été de 100 %.

Les opérations de maintenance du wagon, réalisées en cohérence avec les prescriptions des référentiels de maintenance (VPI 01 et EN 15 313), n'ont pas permis de détecter le défaut de la table de roulement (défaut de circularité) décrit plus avant :

- Les référentiels de maintenance des organes de roulement des wagons de fret utilisent le temps comme variable explicative, et non le kilométrage parcouru par le wagon et/ou la vitesse maximale ou moyenne de circulation ;
- Le probable défaut sur la table de roulement n'a pas été recherché[34] dans l'état actuel des référentiels et des outillages mis à disposition des agents. Le défaut de circularité de la roue s'est aggravé au fil des parcours réalisés provoquant par les chocs répétitifs une dégradation de l'état des roulements de la boîte pour aboutir à la rupture de la cage de roulement intérieur.

Les opérations de maintenance prévues au VPI 01 annexe 21 ont été effectuées de façon conforme mais n'ont pas permis de révéler les prémices du défaut qui a entraîné la fusion du roulement.

Le BEA-TT considère qu'il est légitime de s'interroger sur le T° de surveillance et le « cycle de surveillance » des roues au regard de la rapidité d'évolution du défaut, ce d'autant plus que entre les temps de contrôle en atelier, aucune surveillance (RAT, contrôle au défilé, STEM…) n'est en mesure de détecter l'existence et la croissance du défaut. Le strict respect des référentiels en l'état ne permet pas de détecter ce type de défaut AEL (circularité de la roue). Le BEA-TT considère ainsi qu'il est nécessaire de s'interroger sur l'évolution des référentiels actuels sur le cycle de contrôle de la circularité en atelier.

Le BEA-TT considère qu'un « contrôle acoustique et d'accélération dynamique » au défilé en sortie de plateforme logistique permettrait, le cas échéant, de détecter ces défauts (analyses spectrale…).

34 L'opération de contrôle des essieux selon le référentiel VPI 01 annexe 21 d'une opération G4 permettrait d'identifier les prémices d'un « plat » de 3 mm avec « fissuration » sur un angle de 30°.

4.2 - Analyse des relevés DBC

Les installations de DBC ont un rôle important pour la surveillance en ligne de la température des boîtes d'essieu et du desserrage des freins. Dans ce paragraphe nous analysons les données acquises par les différents DBC[35] rencontrés par le train.

Chaque essieu du train est représenté par un point aux coordonnées ($T°_{Gauche}$, $T°_{Droite}$) sur le graphique. Le point correspondant au 125^{e} essieu ayant déraillé sera identifié par un point rouge.

Les conditions de génération des alarmes « simples » ou « danger » peuvent être décrites comme suit :

L'alarme danger d'une boîte d'essieu ou d'un bandage de roue indique un échauffement important synonyme de risque immédiat pour la circulation (risque immédiat). L'alarme danger (AD) est générée si la condition suivante est remplie :

$$T°_{Gauche} \text{ ou } T°_{Droite} > 90\ °C$$

L'alarme simple indique un échauffement anormal de la boîte d'essieu (risque à brève échéance). Ces alarmes sont définies en fonction de la température (T°) extérieure par les formules suivantes. L'alarme simple (AS) est générée si la condition suivante est remplie :

Pour T° extérieure > 5 °C : Seuil Alarme Simple = 72 °C + 0,8 (T° extérieure – 20 °C)

Pour T° extérieure ≤ 5 °C : Seuil Alarme Simple = 60 °C

$$T°_{Gauche} \text{ ou } T°_{Droite} > \text{Seuil Alarme Simple}$$

Les seuils d'alarme relative sont définis par les formules suivantes : critères, entre une boîte gauche et une boîte droite d'un même essieu. Cette alarme est annonciatrice d'un risque à brève échéance. Cette alarme est transmise à l'agent de circulation comme une alarme simple. L'alarme simple (AS) est générée si la condition suivante est remplie :

$$\text{Pour Écart entre les boîtes} = Ec = T°_{Gauche} - T°_{Droit}$$

$$T°_{Gauche} \text{ ou } T°_{Droite} \geq 57\ °C \text{ et } Ec \geq \left|29\ °C\right|$$

La **figure 43** illustre ces seuils et les grandeurs utilisées pour l'analyse. Les seuils de déclenchement des « Alarmes Simples » sont matérialisés par le périmètre orange, ceux de déclenchement des « Alarmes Danger » par le périmètre rouge.

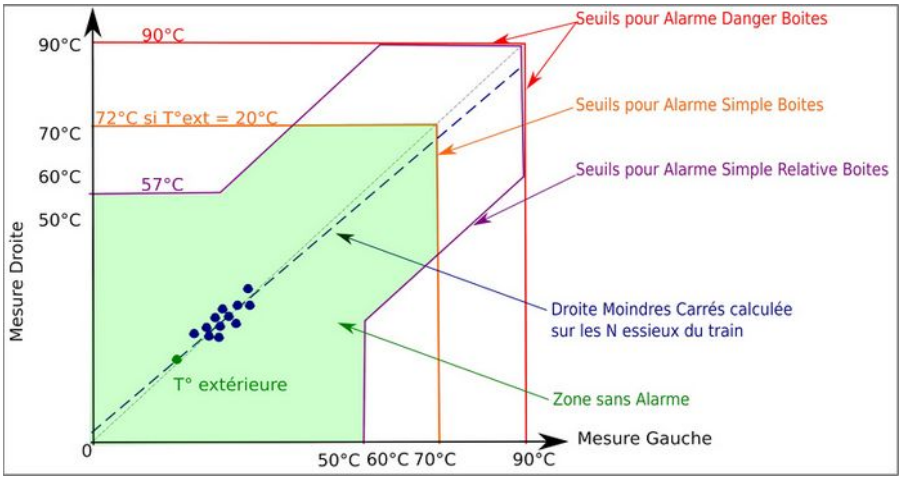


Figure 43 : Représentation des températures mesurées à gauche et à droite des roues des essieux du train au passage d'un DBC : seuils et droite des moindres carrés *(Source BEA-TT)*

35 Données mémorisées sur le poste central pour chaque DBC, et disponibles sur site, sans possibilité d'accès à distance

4.2.1 - Le DBC de Boisleux

Le DBC est franchi après 47,9 km de parcours. La température extérieure est de 23 °C ($T°_{Extérieur}$) et le seuil alarme simple est fixé à 68 °C. La température du 125e essieu droit ($T°_{Droite}$) est de 35 °C. L'écart de température entre les boîtes (ΔT) est quasi nul. La **figure 44** illustre les points de mesure relatifs aux essieux du train (température de la boîte de la roue gauche sur l'axe des abscisses, celle de la boîte de la roue droite sur l'axe des ordonnées). Le point rouge correspondant au 125e essieu se situe dans la partie supérieure du nuage de points sans qu'apparaisse une élévation anormale de température.

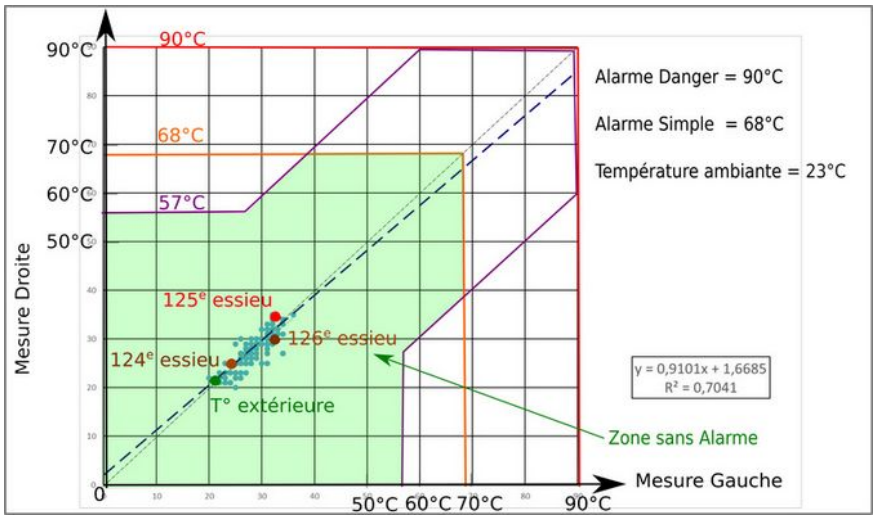


Figure 44 : Températures des boîtes d'essieux du train au passage du DBC de Boisleux *(Source BEA-TT)*

Les températures mesurées sont distribuées selon une gaussienne entre 20 et 36 °C. La droite des moindres carrés appliquée au nuage de point montre un léger décalage de 3 °C de température entre les mesures gauche et droite dans le sens de circulation[36] .

4.2.2 - Le DBC de Dommartin

Le DBC est franchi après 113,5 km de parcours (le DBC de Daours n'est pas en service). La température extérieure est de 20 °C ($T°_{Extérieur}$) et le seuil alarme simple est fixé à 72 °C. La température du 125e essieu droit ($T°_{Droite}$) est de 35 °C. L'écart de température entre ses boîtes (ΔT) est de 25 °C, soit légèrement inférieur au seuil de 29 °C. La **figure 45** illustre les points de mesure relatifs à chaque essieu du train. Le point rouge précise la position du 125e essieu. Il se situe nettement au-dessus du nuage de points, faisant apparaître une élévation anormale de température sans qu'aucune alarme ne soit générée.

La droite des moindres carrés (MC) appliquée au nuage de point montre un décalage de 10 °C entre les mesures à gauche et à droite dans le sens de circulation du train[37] :

- La droite des MC ne passe pas par zéro (sous-évaluation des températures à gauche d'environ 10 °C. Cet écart de mesure n'est pas remonté aux services de maintenance qui ne peuvent déclencher conditionnellement une opération de maintenance ;
- Des températures mesurées sur le côté gauche sont inférieures à la température ambiante, ce qui est anormal (température à gauche varie de 16 et 20 °C), preuve que le capteur gauche sous-évalue la T° de 12 °C à l'origine).

36 T° de droite = 0,910 x T°G + 1,67 avec R^2 = 0,704
37 T° de droite = 0,805 x T°G + 12,14 avec R^2 = 0,746 – températures mesurées sur les boîtes à droite sont sous évaluée de 10 °C

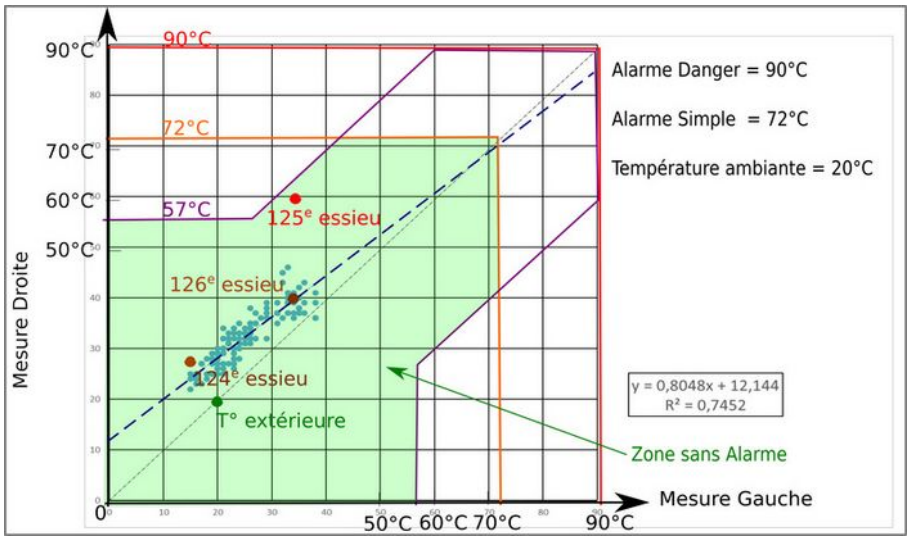


Figure 45 : Températures des boîtes d'essieux du train au passage du DBC de Dommartin *(Source BEA-TT)*

4.2.3 - Le DBC de Liancourt

Le DBC est franchi après 173,3 km de parcours. La température extérieure est de 21 °C ($T°_{Extérieur}$) et le seuil alarme simple est fixé à 69 °C. La température du 125e essieu droit ($T°_{Droite}$) est de 57 °C. L'écart de température entre ses boîtes (ΔT) est de 20 °C.

Sur la **figure 46,** le nuage de points est nettement plus resserré que précédemment autour la droite théorique, traduisant que le fait que le DBC délivre des informations plus répétitives (avec un faible écart type, bon équilibre des mesures à G et à D). Le point rouge précise la position du 125e essieu. La mesure droite se situe nettement au-dessus du nuage de points, ce à plusieurs écarts types de la température moyenne.

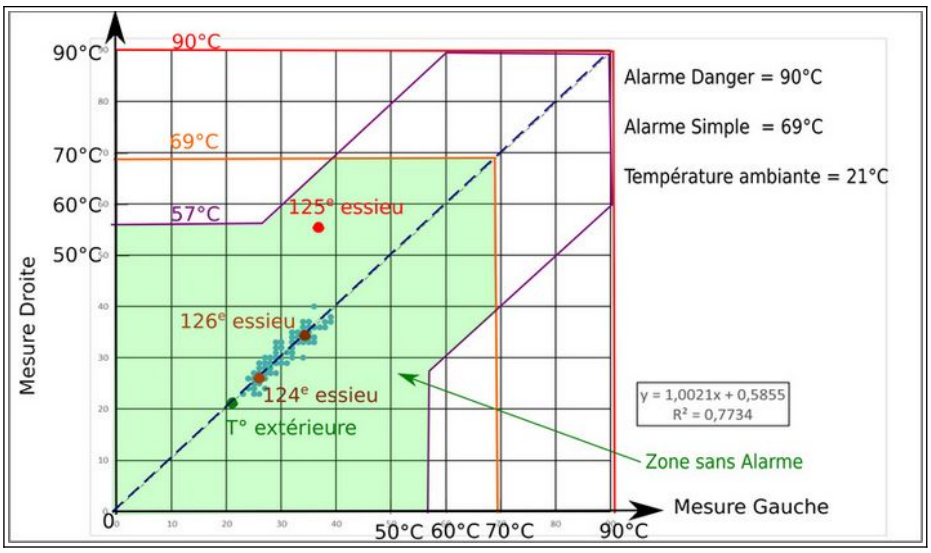


Figure 46 : Températures des boîtes d'essieux du train au passage du DBC de Liancourt *(Source BEA-TT)*

4.2.4 - Le DBC de Bobigny

Le DBC est franchi après 212,3 km de parcours. La température extérieure est de 20 °C ($T°_{Extérieur}$) et le seuil alarme simple est fixé à 69 °C. La température du 125e essieu droit ($T°_{Droite}$) est de 76 °C. L'écart de température entre ses boîtes (ΔT) est de 35 °C. Sur la **figure 47** la position du point rouge justifie la génération d'une alarme simple par dépassement des deux seuils, alarme boîte et alarme écart de température.

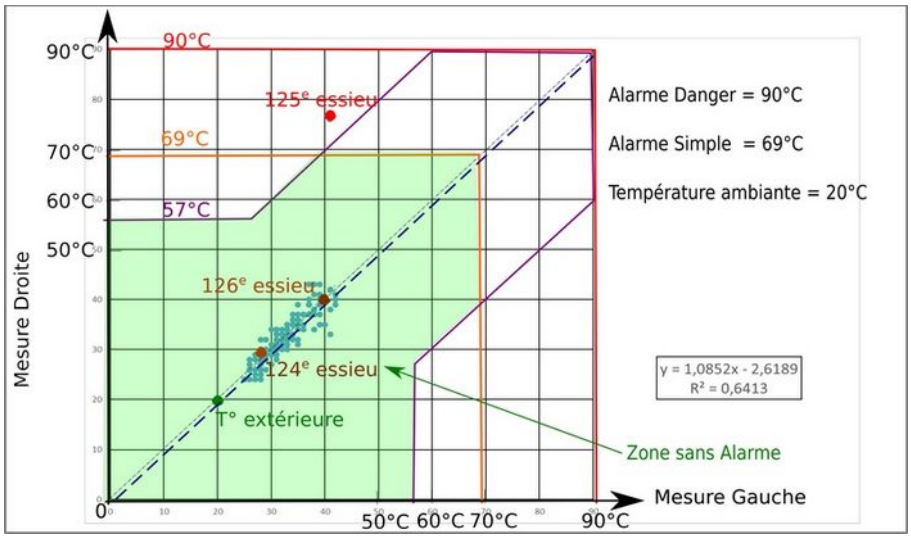


Figure 47 : Températures des boîtes d'essieux du train au passage du DBC de Bobigny (*Source BEA-TT)*

4.2.5 - Le DBC de Moret

Le DBC est franchi après 303 km de parcours. La température extérieure est de 16 °C ($T°_{Extérieur}$) et le seuil alarme simple est fixé à 69 °C. La température du 125e essieu droit ($T°_{Droite}$) est de 76 °C. L'écart de température entre ses boîtes (ΔT) est de 42 °C. Sur la **Figure 48** la position du point rouge justifie à nouveau la génération d'une alarme simple par dépassement des deux seuils.

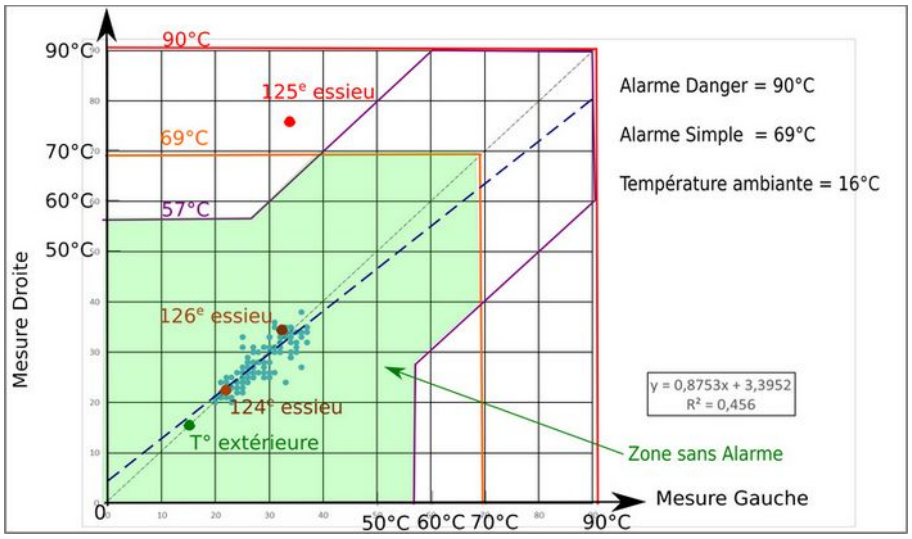


Figure 48 : Températures des boîtes d'essieux du train au passage du DBC de Moret *(Source BEA-TT)*

4.2.6 - Synthèse DBC

L'évolution de la température du 125e essieu

À partir du DBC de Boisleux, la température de la boîte droite du 125e essieu s'accroît de manière progressive et continue à mesure que le train s'avance vers Vénissieux : le 125e essieu s'écarte du nuage des points du train sans générer d'alarme simple avant Bobigny.

L'étalonnage des DBC et les effets potentiels sur la génération des alarmes

Le DBC de Dommartin présente un défaut d'étalonnage, une sous-évaluation du coefficient directeur de la droite moyenne des couples de température des essieux du train de 20 % et une ordonnée à l'origine de 12 °C[38]. Celui-ci induit une surévaluation des températures d'essieu du côté droit tant que celle du côté gauche est inférieure à 50 °C (ce qui est le cas ici).

La possibilité de superviser et exploiter les données pour générer des alertes au plus tôt

Dès le deuxième DBC, le « point » correspondant au 125e essieu côté droit est identifiable et s'approche des « seuils » définis pour les DBC. Une analyse combinée des mesurages effectués par les DBC de Dommartin et de Liancourt aurait permis d'alerter quant à l'échauffement anormal du 125e essieu.

Un centre d'intervention participant à l'analyse des données aurait pu, visuellement *a minima*, identifier l'écart de températures du point correspondant au 125e essieu par rapport au nuage de points des essieux du train et assister conducteur et agent circulation dans la gestion des alarmes. Il semble techniquement réalisable de recueillir les informations actuellement remontées vers le poste central DBC afin d'alimenter le centre d'intervention et/ou d'y générer des alertes :

- de « maintenance » quand la dispersion et ou l'orientation des points de mesures (un point par essieu du train) s'avère non conforme (droite des MC ne passant pas par l'origine, pente s'écartant de l'unité, coefficient R^2) ;
- de « anomalie train » lorsqu'un ou plusieurs essieux s'écartent de plusieurs sigma du nuage de points (un point par essieu du train) sans pour autant déclencher une Alarme Simple et Danger, ou une variation excessive de température d'une même boîte est constatée sur deux ou trois DBC successifs.

Le tableau suivant illustre ces constats comparativement au 124e essieu pris pour référence.

	$T°_{Gauche}$ du 125e et $T°_{Gauche}$ du 124e essieu	$T°_{Droite}$ du 125e et $T°_{Droite}$ du 124e essieu	Ratio $T°_{Droite}$ / $\sigma_{T°}$ du 125e et $T°_{Droite}$ / $\sigma_{T°}$ du 124e essieu
Boisleux	*32 °C et 24 °C*	*35 °C et 25 °C*	*2,74 et 1,29*
Dommartin	*34 °C et 15 °C*	***60** °C et 27 °C*	***4,06** et 1,68*
Liancourt	*37 °C et 25 °C*	***56** °C et 27 °C*	***5,95** et 1,38*
Bobigny	*41 °C et 28 °C*	***76** °C et 30 °C*	***8,04** et 1,26*
Moret	*34 °C et 22 °C*	***76** °C et 23 °C*	***9,19** et 1,43*

Les fonctions précédemment définies pourraient utilement être considérées à l'occasion de l'actuelle définition de la future génération de DBC pour lignes conventionnelles devant à terme équiper le réseau.

38 DBC de Dommartin : T°Gauche = 0,805.T°Droit + 12,14 °C au lieu de T°Gauche = T°Droit

4.3 - Analyse des Facteurs Organisationnels et Humains

4.3.1 - Généralités

Nous analysons ici les conditions d'application des règles professionnelles, particulièrement dans la gestion de trois séquences où ont été délivrées des alertes pour la sécurité :

- du premier arrêt du train en gare de Bobigny ;
- du second arrêt du train en gare de Moret ;
- du message « étincelles en queue du train » à l'arrêt final du train.

Les écarts, s'il en est, dans l'application des règles conduisent à envisager l'existence d'aspects informels qu'il convient d'analyser. L'analyse des facteurs organisationnels et humains fait l'objet des paragraphes suivants.

4.3.2 - Les agents acteurs de l'événement

Les agents de formation du train

Deux agents de la plate-forme multimodale de Lille Dourges Conteneurs Terminal (LDCT) ont notamment réalisé la veille de l'accident les essais de freins complets[39] et la reconnaissance à l'aptitude au transport[40] (RAT). La fiche de liaison des agents trace les actions réalisées de 18 h 47 à 19 h 44 ce 18 août 2020 avant l'annonce du train prêt au départ. Les modalités des contrôles pour reconnaître l'aptitude au transport[41] du train ne couvrent expressément pas la recherche sur les wagons des potentiels indices relatifs aux défauts de circularité des roues listés notamment dans le Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons (CUU) à l'annexe 10 – appendice 1 (même si certains indices sont repris dans le référentiel EPSF « Sécurité des circulations – Reconnaissance de l'aptitude au transport AC A-B 7d n° 5 version 2 sans en évoquer la causalité). Il est apparu, lors de l'examen du bogie du wagon (§ 4.1.2), sur les montants de la boîte droite du 125e essieu un détachement des plaques manganèse de bogie, un indice difficile à observer.

Les agents positionnés du côté gauche dans le sens de circulation du train ont réalisé depuis leur véhicule le contrôle au défilé du train (circulant à 5 km/h) sans signaler d'anomalie sur le train, notamment pas de signal sonore particulier.

Le conducteur

Le conducteur indique qu'il n'existe pas de méthode de comptage préconisée en formation. Après l'accident, il a mis en œuvre sa propre méthode de comptage en positionnant des lanières de type « serre-câbles Rilsan » avec des étiquettes numérotées qu'il se prépare et qu'il positionne tous les cinq essieux. Il ne se fie pas au bulletin dont il dispose, car il y a parfois des erreurs. Il évoque qu'une réflexion a été engagée avec sa hiérarchie quant à la possibilité d'effectuer un comptage en partant de la queue du train. Cette possibilité manquerait de fiabilité et a été abandonnée.

Le conducteur indique que vérifier les freins des wagons de fret ne pose pas trop de problème (méthode trois points apprise en formation) mais que vérifier la température de boîtes d'essieux est plus délicat. La méthode de détection enseignée en formation, passer la main à revers à proximité au-dessus de la boîte d'essieu pour apprécier le niveau de

39 Selon le référentiel LDCT : MLD04 du 20/09/2016 - Modalités de réalisation des essais freins par les LDCT.
40 Selon le référentiel LDCT : MLD05 du 30/09/2016 - Modalités de réalisation de la reconnaissance à l'aptitude au transport.
41 LDCT : Modalité de réalisation de la reconnaissance à l'aptitude au transport (MLD05) – Mode opératoire du 30/09/2016 EPSF : Règle de l'art AC A-B 7d n°5 – Reconnaissance de l'aptitude au transport – V2

dégagement de chaleur, lui semble empirique. Le conducteur a estimé que les températures étaient normales. Il n'avait pas eu à mettre en œuvre cette procédure précédemment. Des collègues lui ont confirmé *a posteriori* « *qu'une boîte chaude ça se voit* », contrairement à ce qu'il a observé. Il pense qu'il serait utile en formation de montrer ce qu'est réellement une boîte chaude pour mieux la reconnaître. Le conducteur évoque un manque de moyens pour estimer la température des boîtes d'essieu.

Le formulaire ANOT ne comporte pas de case « anomalie constatée ». Aussi, le conducteur a-t-il porté l'annotation « visite des semelles du wagon 120 à la queue du train » en commentaire, précision qui n'apparaît pas sur le formulaire de l'AC.

À la seconde alarme simple non confirmée sur la même boîte d'essieu, le conducteur regrette de ne pas avoir pu contacter un support extérieur en soutien. Il a eu précédemment l'occasion de le faire en journée auprès d'un collègue pour un autre problème. Il n'a pas osé appeler la permanence d'assistance à la conduite (PAC)[42], considérant que cette dernière est orientée dépannage des engins moteurs, ce qui n'était pas son cas. Il n'a pas osé appeler sa hiérarchie, ce qu'il aurait fait en journée. A posteriori, si un incident de ce type devait se reproduire il ferait appel à une relève à Moret et/ou ne repartirait pas en ligne avec un essieu ayant fait l'objet d'une double alarme simple.

Le conducteur indique que sa formation initiale a eu lieu dans un centre « voyageur » et que, de ce fait, les mises en pratique ont toujours eu lieu sur du matériel voyageur. Ce n'est que dans les stages de conduite sur des trains de fret, qu'il a pu manipuler les organes et appliquer les procédures.

L'AC de Bobigny

Il n'a pas demandé au train arrêté devant le C 103 de reprendre sa marche vers les voies de service avant d'initier la procédure ANOT.

L'AC de Laroche-Migennes

Les enregistrements montrent que l'AC de Laroche-Migennes a appelé le conducteur pour sereinement l'informer de la présence d'étincelles en queue de son train (selon signalement du conducteur d'un train croiseur). L'AC n'ayant pas connaissance des événements antérieurs survenu sur ce train a invité le conducteur du train 50 233 à être reçu à Laroche-Migennes. Le conducteur savait que sur un signalement « étincelles sur le train » la procédure lui demande de s'arrêter immédiatement. Le doute s'est installé après l'invitation de l'AC à le recevoir à Laroche-Migennes.

4.3.3 - Gestion de l'Alarme Simple au DBC de Bobigny

Le rappel des faits

Le conducteur du train provoque l'arrêt du train en amont du carré C 103 ouvert en position rappel de ralentissement. Ce signal de protection commande l'entrée du faisceau réception. L'agent circulation et le conducteur initient la procédure ANOT. L'agent circulation fait annoter la fiche ANOT (**figure 13**). Pour le conducteur, dans les communications verbales l'AC aurait mentionné la détection d'un frein serré puis, lors de l'établissement de la fiche ANOT, d'une boîte chaude.

42 Le *memento* du conducteur précise qu'il doit entrer en contact avec la PAC si le dépannage de son engin moteur dépasse 10 minutes

La procédure ANOT est interrompue afin que le train puisse dégager la voie principale. Le conducteur se remet en mouvement jusqu'à l'extrémité de la voie 7. Il est 23 h 43 et il pleut. Lorsque le conducteur a voulu recontacter le Poste 1 de Bobigny, il a obtenu le Poste 2. Il lui a fallu procéder à un nouvel appel depuis son pupitre radio.

Le conducteur et l'agent circulation reprennent la procédure ANOT. Un quiproquo s'installe entre le conducteur et l'AC quant à la nature de l'alarme (frein serré versus boîte chaude) et au numéro de l'essieu alarmé (123e puis 125e). Ce quiproquo explique les ratures sur les documents et aura une influence déterminante sur le comportement du conducteur jusqu'à l'accident. Le conducteur part à la visite de son train. Il applique pour la première fois ce type de visite,et ce dans des conditions difficiles. Il déclare avoir été perturbé au cours de la visite du train et du comptage, d'une part par la mise en mouvement des wagons sur une voie voisine et, d'autre part, par l'interrogation de l'aiguilleur du poste venu à sa rencontre à la demande de l'AC. Après chaque interruption, le conducteur a repris son comptage depuis la tête du train. Arrivé au 125e essieu, le conducteur inspecte les systèmes de freinage et l'état des boîtes à essieux autour du 125e essieu. Il ne constate aucun défaut.

L'opération a duré 1 h 40 jusqu'à ce le conducteur regagne son poste de conduite. Le conducteur dit avoir bien identifié dès Bobigny, que le wagon alerté transportait des matières dangereuses.

Le conducteur informe l'AC du résultat négatif de la visite. Le conducteur applique son *memento*, et à la question lui demandant s'il est en mesure de surveiller son train il répond par l'affirmative.

À son départ des voies de Bobigny, le conducteur informe le régulateur et exprime qu'il « était parti dans l'idée d'un frein serré ».

Les écarts aux règles

Concernant l'AC

Il introduit un quiproquo sur la nature du défaut, FS et BC, qui perturbera le conducteur tout au long du traitement de l'incident.

Il a réalisé une application parcellaire de la procédure « Alarme simple DBC » : l'initialisation du formulaire de communication ANOT lors de l'arrêt en amont du C 103 s'est faite alors que cette démarche devait avoir lieu une fois le train reçu sur une voie de service du faisceau.

Concernant le conducteur

Il a considéré lors de l'application du *memento* à la fiche 105 (annexe n° 6) « qu'il lui est possible de surveiller le train » alors que la position du wagon dans le corps du train, associée à un parcours réalisé de nuit sous la pluie le plaçait dans la situation contraire.

L'analyse des causes des écarts

Concernant l'AC

Concernant l'application parcellaire de la procédure « Alarme simple DBC », il est probable que lors de l'identification de l'alarme DBC, l'AC commande la fermeture du C 103 sans avoir eu recours à la consigne du poste pour régler la situation. L'AC s'est repris à deux reprises sur son message au conducteur et a créé de la confusion dans l'esprit du conducteur. On peut interpréter ce choix comme l'expression d'un manque de rigueur de l'opérateur qui ne maîtrise pas la procédure. Lorsqu'il s'est rendu compte de son erreur, il fait le choix de suspendre la procédure ANOT pour réceptionner le train sur une voie du faisceau et ainsi ne pas perturber la circulation des trains sur la voie

principale. Ce point est un facteur de stress supplémentaire pour le conducteur et l'AC qui sont contraints de gérer une rupture de séquence.

Ces écarts interrogent sur les conditions de validation et de maintien des compétences de l'agent pour tenir la fonction d'agent de surveillance qui est dévolue à l'AC du poste 1 de Bobigny.

Concernant le conducteur

Le conducteur s'est mis en situation de *quiproquo* quant à la nature du défaut ayant alarmé son train. Il dit ne pas avoir réagi au fait d'annoter le formulaire avec un défaut de boîte chaude sur le formulaire ANOT tout en retenant des propos de l'agent-circulation qu'il s'agissait d'un défaut de frein serré.

Des facteurs variés sont de nature à limiter sa performance :

- Première gestion d'une situation perturbée de ce type ;
- Interruption de l'ANOT sur Voie Principale ;
- *Imbroglio* dans les communications verbales avec l'AC qui aurait mentionné la détection d'un frein serré puis d'une boîte chaude. Ce point est en opposition avec la déclaration de l'AC ;
- Dans les échanges pour la procédure ANOT il est question dans un premier temps du 123^{e} essieu puis du 125^{e} ;
- Lors de la reconnaissance par radio sol-train après arrêt à l'extrémité de la voie de service n° 7, l'appel radio est géré par le premier poste qui répond à l'appel. Dans un premier temps le poste 2 de Bobigny répond à l'appel ce qui conduit le conducteur à renouveler un appel pour obtenir le poste 1 ;
- Intervention d'un agent de manœuvre qui veut dételer la locomotive ;
- Il fait nuit et il pleut ;
- Mise en mouvement d'un train stationné sur une voie voisine qui le perturbe et le conduit à reprendre son comptage ;
- Intervention de l'aiguilleur venu à sa rencontre qui produit le même effet ;
- Impossibilité de contacter par téléphone une permanence nationale pour l'assister dans ce cas de figure et le cas échéant exploiter les données du détecteur ayant généré l'alarme simple.

Les informations multiples, et certaines divergentes, sont propices à créer des distractions vis-à-vis de sa tâche ainsi que créer une confusion dans l'esprit du conducteur.

Le conducteur est troublé de ne rien découvrir d'anormal lors de la visite. Il est conscient du temps passé pour la visite. Ceci crée une situation amplifiant son niveau de stress. À cela s'ajoute un doute quant au résultat négatif de ses investigations.

Lors de l'utilisation du *memento* préalablement à sa reprise de marche, le conducteur n'interprète pas correctement le pavé conditionnel de la fiche 105 (annexe n° 6 page 2/3) « si impossible de surveiller le train : aviser l'AC et se conformer à ses indications pour définir un point d'arrêt à environ 20 km ». La position du wagon en queue du train, associée à un parcours réalisé de nuit et sous la pluie, plaçait le conducteur dans l'impossibilité de réaliser cette surveillance.

Ces écarts interrogent sur les conditions de formation initiale des agents (AC et conducteur) comme celles de validation et de maintien des compétences pour gérer ce type de situation perturbée. Le document *memento* est le document opérationnel à utiliser pour régler tout incident une fois les mesures d'urgence prises et les avis lancés.

L'application des fiches 105[43] et 490[44] du *memento* des conducteurs peut prêter à interprétation. Cela peut favoriser le stress de son utilisateur. Son architecture est établie pour tous types de train et regroupe dans certains cas des situations diverses dans une même fiche d'application. Cela explique la mise en place de nombreux pavés conditionnels qui en complexifient la lecture.

Pour mémoire, le conducteur a reçu sa formation initiale dans un groupe de conducteurs de train de voyageurs et, de ce fait, n'a jamais traité pratiquement le cas d'une alarme boîte chaude pour un wagon de fret.

4.3.4 - Gestion de l'Alarme Simple au DBC de Moret

Rappel des faits

Le conducteur du train approche de la gare de Moret, à vitesse de ligne[45].

À 3 h 09, le conducteur informe le régulateur qu'il a eu une alarme « frein serré » à Bobigny, qu'il avait demandé aux AC de Villeneuve-saint-Georges et Melun de surveiller son train, sans détection d'anomalie.

À 3 h 15, le régulateur appelle le conducteur pour l'informer que le DBC en amont de Moret a généré une alarme simple sur son train et que son train va être écarté sur la voie 1bis de Moret. À la demande du conducteur celui-ci se renseigne sur la nature et le rang de l'alarme : alarme simple boîte à droite au 25e essieu. Le conducteur lui dit s'expliquer la non-détection du frein serré à Brétigny par une erreur de rang de l'essieu incriminé.

Le train est reçu sur la voie 1bis de Moret. L'agent circulation et le conducteur initient la procédure ANOT. Le conducteur interroge l'agent circulation sur la validité du terme 25e essieu, en rappelant qu'un précédent déclenchement concernait le 125e essieu[46]. Après contrôle, l'agent circulation fait annoter la fiche ANOT avec la mention « boîte chaude au 125e essieu côté droit ».

Le conducteur déclare avoir vérifié lors de la visite de son train l'état des semelles de frein et des boîtes (revers de la main), de nuit et sous la pluie. Arrivé au 124e essieu, qu'il prend pour le 125e essieu[47], il considère que l'essieu correspondant est serré. Le conducteur « isole » les freins du 28e wagon. Il ne poursuit pas sa visite aux wagons suivants, même si celle-ci ne relève que de la bonne pratique et non d'une obligation réglementaire. L'opération a duré 41 minutes jusqu'à ce le conducteur regagne son poste de conduite. Le conducteur rectifie le bulletin de freinage (**figure 49**).

Le conducteur informe l'agent circulation du résultat de la visite et demande à reprendre sa marche. Le conducteur reprend son trajet en limitant sa vitesse à 100 km/h. La vitesse maximale autorisée était de 120 km/h.

Le conducteur s'est dit, à Moret, « dépité, fatigué et sous pression » avant de reprendre sa marche.

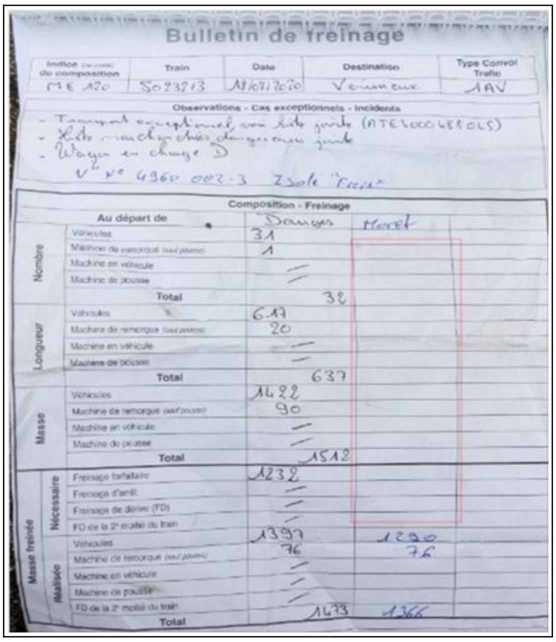
43 Fiche « Découverte ou Avis d'une Anomalie sur la Circulation (autre qu'incendie ou anomalie de chauffage ou de climatisation) » (3 pages) (Annexe n° 6)

44 Fiche « Reprise de marche après un Incident » (2 pages)

45 Le conducteur réduit son évolution sous la vitesse de ligne afin d'éviter de s'arrêter en ligne dans les rampes de cette section de ligne avec son train long et lourd.

46 L'inscription du chiffre « 1 » sur l'impression papier (figure 56) était peu lisible.

47 Il aurait pu être considéré qu'un nombre impair d'essieux ne peut en aucun cas, avec des wagons à bogie, être le second essieu d'un bogie (cas de l'essieu réputé en frein serré). C'eut dû être aussi le cas du 123e essieu


Bulletin de freinage

Indice de composition	Train	Date	Destination	Type Convoi Trafic
ME 120	50232I3	18/07/2010	Vénissieux	1AV

Observations - Cas exceptionnels - Incidents

Composition - Freinage				
	Au départ de	Danges	Moret	
Nombre	Véhicules	31		
	Machine de remorque	1		
	Machine en véhicule	—		
	Machine de pousse	—		
	Total	32		
Longueur	Véhicules	617		
	Machine de remorque	20		
	Machine en véhicule	—		
	Machine de pousse	—		
	Total	637		
Masse	Véhicules	1422		
	Machine de remorque	90		
	Machine en véhicule	—		
	Machine de pousse	—		
	Total	1512		
Masse freinée – Nécessaire	Freinage forfaitaire	1232		
	Freinage d'arrêt	—		
	Freinage de dérive (FD)	—		
	FD de la 2e moitié du train	—		
Masse freinée – Réalisée	Véhicules	1397	1290	
	Machine de remorque	76	76	
	Machine en véhicule	—		
	Machine de pousse	—		
	FD de la 2e moitié du train	—		
	Total	1473	1366	

Figure 49 : Bulletin de freinage dans son état final *(Source SNCF)*

Les écarts aux règles

Concernant le régulateur

Il a reçu l'information de la détection d'une boîte chaude par l'AC de Moret (conforme à la consigne DBC du poste). Le régulateur fait le choix d'informer le conducteur. La consigne prévoit que l'information soit donnée par l'AC de Moret. Le régulateur annonce le 25e essieu au lieu du 125e essieu.

Concernant l'AC

L'AC n'applique pas l'item de la consigne DBC du poste qui lui demande de ne pas se contenter en retour de la visite du train par le conducteur d'un isolement du frein alors qu'une alerte DBC a été générée. L'AC ne réagit pas quand le conducteur lui indique qu'il a identifié un frein serré ; il coche donc dans l'ANOT « Frein serré R 125 » et écrit « Isolement du Wagon » alors qu'au début de la procédure il avait coché « boîte chaude 125 ».

Concernant le conducteur

Lors de l'application du *memento*, le conducteur en découvrant un (supposé) blocage des freins a traité cette situation sans tenir compte qu'il s'agissait d'un avis de boîte chaude.

L'analyse des causes des écarts

Concernant le régulateur

Il n'a pas conscience qu'il ne doit pas s'immiscer dans la procédure de sécurité dévolue à l'AC, en informant le conducteur de manière anticipée.

Concernant l'AC

Les écarts dans la rédaction du bulletin ANOT ne sont pas sans conséquence sur l'événement. L'AC se contente, au retour de la visite du train par le conducteur, d'une mesure d'isolement du frein d'un wagon alors qu'une alerte DBC avait été générée. La consigne DBC du poste considère cette mesure comme n'étant pas de nature à solutionner l'alarme boîte chaude. Aussi est-il légitime de penser que l'accident aurait pu être évité si l'AC avait réagi face à la contradiction des informations qui lui sont parvenues.

Concernant le conducteur

Différents facteurs sont de nature à limiter sa performance :

- Appel du régulateur exploitation qui l'avise que son train est alarmé pour boîte chaude du 25e. Il n'appartenait pas au régulateur de lui transmettre cette dernière information, qui plus est, erronée. Ceci peut avoir intensifié le stress du conducteur ;
- Rectification dans les échanges pour la procédure ANOT : dans un premier temps il est question du 25 puis du 125 ;
- Il fait nuit et il pleut ;
- Reprise de marche après plus de 10 h de travail, dont 8 h 30 en tête du train ;
- Impossibilité de contacter par téléphone une permanence nationale pour l'assister dans ce cas de figure et le cas échéant exploiter les données du détecteur ayant généré l'alarme simple.

À la découverte d'un blocage (124e essieu), le conducteur a géré cette situation et n'a pas tenu compte de l'information boîte chaude initialement reçue. On notera que la fiche 105 (annexe n° 6) du *memento* à appliquer pour cette situation favorise l'erreur de traitement. La poursuite des recherches au-delà de la découverte d'un blocage ou de traces de blocage n'apparaît pas clairement. Le train circule avec près de 4 heures de retard au départ de Moret et l'on peut subodorer que le conducteur ressente une certaine urgence à reprendre sa marche.

4.3.5 - Gestion du signalement du train croiseur avant Saint-Julien-du-Sault

Rappel des faits

À l'approche de la gare de Sens (Pk 126,63), dernière grande gare de son trajet et afin de laisser son train dans de bonnes conditions pour sa relève, le conducteur demande au Poste 2[48] de surveiller la queue de son train. L'AC de celui-ci ne perçoit ni étincelles, ni boîte rouge, ni odeur.

Alors qu'il dépasse le Pk 125, le conducteur entend un message vocal par radio émis par le train croiseur n° 733 000 qui évoque « l'existence d'étincelles » en queue de son train. Le conducteur n'est pas sûr que le message vocal, bruité, intéresse son train. Il réduit sa vitesse de 100 à 80 km/h. Il considère que les « étincelles » intéressent un « frein serré » sur un autre train de la zone.

L'AC de Laroche-Migennes (Pk 155) confirme au conducteur que le message concerne son train. Sans avoir connaissance des antécédents du train, il l'informe qu'il a établi un itinéraire vers une voie de service à Laroche-Migennes. Le train se situe à environ 26 km de Laroche-Migennes. Le conducteur poursuit sa marche.

Alors qu'il atteint environ le Pk 128, le conducteur constate une chute de pression dans la conduite générale qu'il n'a pas commandée. Il effectue le sondage du frein : il s'agit d'une fuite CG. Une fois à l'arrêt le conducteur déclenche les signaux d'alerte radio et lumineux. Il n'a pas présumé le déraillement de son train.

Les écarts aux règles

Concernant l'AC

L'agent circulation privilégie le dégagement des voies principales sur l'arrêt du train qu'il aurait dû ordonner. Il a bien identifié que le train 50 233 circulait dans des conditions dangereuses (entendu l'avis du train croiseur). Il n'ordonne pas l'arrêt immédiat en ligne

48 Le poste 1 est situé à gauche et le poste 2 à droite dans le sens de circulation du train

du train mais établit un itinéraire pour recevoir le train sur voies de service et informe le conducteur qu'il sera reçu sur voie de service en gare.

Concernant le conducteur du train croiseur n° 733 000

Il informe en phonie de la présence d'étincelles sous le train 50 233 au moyen de la radio sol-train. L'article F 44-06 « Train circulant dans des conditions dangereuses » du référentiel du conducteur de ligne stipule dans son premier paragraphe : « *Un conducteur qui constate ou est avisé qu'un train, autre que le sien, circule dans des conditions dangereuses (déraillement, début d'incendie, déplacement de chargement, wagon instable, bâche flottante, porte indûment ouverte…) doit, s'il ne peut l'arrêter lui-même, le faire arrêter dès que possible. Les moyens utilisés sont :*

– l'émission d'un signal d'alerte radio (SAR) *;*

– l'émission du signal d'alerte lumineux (SAL) *;*

– l'ordre de coupure d'urgence ;

– l'ordre d'arrêt donné en phonie ;

– etc. »

Le bogie déraillé du train croisé provoquant des gerbes d'étincelles visibles dans l'obscurité, le conducteur aurait dû émettre un SAR. Ceci aurait permis de lever le risque d'incompréhension et ainsi limiter l'ampleur des conséquences du déraillement sur l'infrastructure.

Concernant le conducteur

Après réception du message « *étincelles en queue du train* » du train croiseur, le conducteur a réduit sa vitesse de marche de 100 à 80 km/h au lieu d'arrêter immédiatement le train et appliquer la fiche 105. Le doute quant à la compréhension du message et sa fatigue ont pu contribuer à son action inappropriée. L'application de la réglementation (article F 44-06 du « Référentiel conducteur de ligne ») par le conducteur aurait dû conduire à arrêter immédiatement son train après ce signalement, considérant que c'est un signe d'une forte présomption de déraillement.

Le conducteur n'a pas non plus commandé l'arrêt immédiat de son train lors de la confirmation de l'AC de Laroche-Migennes que les étincelles concernaient bien son train. (application de la réglementation selon la fiche 105 du *memento*) Cette action aurait permis d'immobiliser le train vers le Pk 126 au lieu du Pk 131,850.

L'analyse des causes des écarts

Concernant l'AC

L'AC privilégie le dégagement des voies principales. Il ne commande pas au conducteur l'arrêt immédiat de la circulation, mesure requise dès lors qu'il était clairement informé de l'existence d'étincelles sur le train. En proposant un arrêt différé à Laroche-Migennes, destination finale du train, il a pu influencer le conducteur quant à sa décision d'arrêt immédiat de son convoi[49].

Concernant le conducteur du train croiseur

Le conducteur a signalé l'existence d'étincelles en queue du train n° 50 233 par un appel général et non par le déclenchement des signaux d'alerte lumineux et radio et par l'arrêt immédiat de son train.

49 Le conducteur dit qu'il savait devoir s'arrêter sur un signalement « étincelles sur son train » mais qu'avec la fatigue et l'invitation de l'AC « je vais te rentrer à Laroche », le doute s'est installé.

Concernant le conducteur

Des facteurs variés sont de nature à avoir limité sa performance :

- l'appel du train croiseur difficilement audible et compréhensible ;
- la fatigue et le stress accumulé du conducteur au cours des près de 11 h de travail ;
- il fait nuit.

De plus, on peut également supposer qu'il y a un biais d'ancrage dans sa prise de décision. Le biais d'ancrage est le biais cognitif qui consiste à privilégier les premières informations qui nous sont données. Il faut donner tout autant de poids aux informations qui viennent ensuite. Parfois, ignorer complètement les premières informations s'avère utile.

Les écarts dans le traitement de la situation finale peuvent s'expliquer par le biais d'ancrage, et l'état de fatigue du conducteur qui n'était probablement plus en capacité de gérer efficacement la succession des événements.

4.3.6 - Synthèse des facteurs organisationnels et humains

Des écarts sont identifiés entre les comportements attendus et ceux effectivement réalisés par les acteurs (conducteur et agents circulation des postes de Bobigny, Moret et Laroche-Migennes) le jour de l'accident. L'analyse de ces écarts conduit à identifier les facteurs suivants :

- Il apparaît clairement un déficit de détection du problème sur le train de fret par un effet d'ancrage et par un manque de ressources du conducteur :
  - Un déficit de la formation « pratique » initiale et continue vis-à-vis des événements rares mais à fort impact (sécurité, régularité, financier),
  - Un manque de moyens pour fiabiliser le comptage des essieux et l'évaluation de la température des boîtes,
  - Une absence de support vocal d'une permanence nationale pour assister le conducteur afin de le guider dans la résolution des événements rares hors incident de traction.
- Les référentiels et *memento* des conducteurs ne sont pas toujours aisément applicables, voire présentent sur certaines fiches des ambiguïtés d'interprétation en opération, induisant parfois un manque de robustesse des gestes métiers.
- Les consignes DBC des postes ne semblent pas bien comprises et appliquées par les AC[50], d'autant plus qu'elles présentent certaines ambiguïtés d'interprétation quant aux conditions d'autorisation de remise en ligne d'un train alarmé.
- À aucun moment le conducteur ne s'est vu proposer une relève par un autre conducteur ou son accompagnement par un cadre de l'entreprise, malgré l'important retard du train.

Il semble ainsi utile d'agir auprès des AC et des conducteurs, sur plusieurs points qui n'ont pas ici été parfaitement remplis :

- *La formation initiale* qui doit permettre aux jeunes agents d'expérimenter ce qu'est une boîte chaude, de pratiquer en conditions réelles la recherche et l'identification d'une possible boîte chaude, d'acquérir les bons comportements.
- *L'accompagnement* (au sens du contrôle hiérarchique interne) des agents qui doit permettre de s'assurer de la connaissance des mesures immédiates à mettre en œuvre

50 Il apparaît un manque de formation et/ou de pratique des AC dans le traitement des alarmes FS et DBC (procédure radio non respectée, erreur sur les numéros d'essieux, non-exploitation des relevés des températures du train, acceptation d'un isolement de frein pour solutionner une alarme boîte chaude…).

en fonction d'informations reçues, de la bonne utilisation des référentiels et memento pour la gestion de procédures rares.

- *L'actualisation* des connaissances qui doit être périodique pour intégrer les avancées en termes de règles et d'outillages, faire remonter les difficultés apparues dans l'application des procédures.
- *La mise à disposition d'outils* utiles pour l'aide au comptage des essieux et à l'évaluation des températures des organes.
- *L'évolution de certaines procédures* dans le traitement des alarmes DBC pourrait faciliter et renforcer le niveau de sécurité dans leur application par les agents terrain. Il s'agit par exemple :
  - de considérer comme une Alarme Danger avérée toute seconde Alarme Simple attachée à une même boîte d'essieu ;
  - de systématiser l'application d'une nouvelle visite 20 km après toute remise en marche consécutive à une alarme simple non confirmée ;
  - de communiquer au conducteur le rang de l'essieu alarmé tant depuis la tête que depuis la queue du train, et de créer les conditions pour que le conducteur connaisse le nombre d'essieux de son train ;
  - de s'appuyer sur un centre de supervision Infrastructure des DBC afin d'assurer une analyse immédiate pertinente des déclenchements d'alarme et des températures mesurées sur les DBC précédents, une levée des fausses alarmes, une assistance au conducteur lors de sa visite du train et, enfin, une assistance au mainteneur de l'infrastructure pour déclencher au besoin les opérations de réglage nécessaire.

  L'application de ces dispositions aurait sûrement permis d'éviter le déraillement objet de ce rapport et, d'une manière plus générale, permettrait d'augmenter la disponibilité du réseau ferré national.

4.4 - Le déroulement reconstitué de l'accident et des secours

Reconstitution du scénario de l'accident :

1) Défaut de circularité (conséquence d'un défaut métallurgique localisé sous la table de roulement[51]) de la roue n° 7 de l'essieu 536 607 non détecté par la dernière opération de maintenance de mai 2019. Les moyens prévus dans le cadre des référentiels ne permettaient pas, sauf hasard heureux, de détecter ce défaut.
2) Dégradation progressive de la qualité de roulement de la boîte d'essieu de la roue n° 7 de l'essieu 536 607, vraisemblablement plus rapide du fait d'une circulation à grande vitesse (ME120). Celle-ci n'a pas été détectée lors des circulations précédentes du wagon.
3) Échauffement de la boîte de la roue, non détecté (à juste titre au regard des seuils de déclenchement) par deux fois par les détecteurs de boîte chaude de Dommartin et de Liancourt, ce alors que la température mesurée de la boîte était très proche des seuils et se détachait des valeurs relevées pour les autres boîtes du train.
4) Échauffement significatif de la boîte de la roue n° 7 détectée par deux fois en « alarme simple » par les détecteurs de boîte chaude de Bobigny et de Moret (Bois-le-Roi). Dans les deux cas, le conducteur n'a pas été en mesure de confirmer le défaut et a repris sa marche sans restriction.
5) Montée en température et détérioration irréversible des roulements de la boîte de la roue n° 7 et de leur environnement : un jeu radial de plusieurs mm apparaît dans le guidage de l'essieu. La roue du côté concerné frotte sur les semelles de frein de part et d'autre, sans application du frein.

51 Ce défaut de fabrication n'a pas été détecté lors du contrôle ultrason de réception de la roue en sortie de chaîne chez Valdunes et à l'atelier SNCF de Tergnier.

6) Atteinte de la température de ramollissement des aciers (900 °C) : ceci provoque un premier abaissement du châssis du bogie mais la boîte est encore retenue par le fer en T. Le jeu radial est extrêmement important, l'essieu n'est plus guidé que d'un seul côté ; les phénomènes précédents s'amplifient, le boudin de la roue opposée marque son empreinte dans la semelle de frein, génération d'étincelles.

7) Atteinte de la température de fusion des aciers (1 400 °C) : la boîte témoigne d'un échauffement extrême du palier ayant abouti à une rupture de la fusée d'essieu par fusion. Celle-ci provoque un abaissement du châssis du bogie qui frotte sur le rail droit conduisant à la génération d'étincelles. La fusée reste prisonnière de la boîte d'essieu portée au rouge ; l'ensemble est éjecté, c'est le déraillement de l'essieu 7/8[52] du wagon, l'axe d'essieu vient heurter la longrine qui supporte la tringlerie de freinage, le bogie se cabre et la traverse heurte le longeron du wagon.

8) Détection opportune de l'anomalie par le conducteur d'un train croiseur qui avise immédiatement l'AC de Laroche-Migennes et le conducteur. La mauvaise qualité sonore de la communication n'a pas facilité la réaction appropriée du conducteur. L'AC de Laroche-Migennes ne commande pas l'arrêt immédiat du train. Le conducteur ne déclenche pas le freinage d'urgence à la réception de cet avis mais réduit sa vitesse, cherchant à rejoindre la gare de Laroche-Migennes.

9) Déraillement de l'essieu 5/6 du wagon entraînant le déraillement complet du bogie côté voie contiguë et une fuite de la conduite générale de frein.

10) Arrêt du train contraint par la fuite de la conduite générale et accompagné par le conducteur ayant perçu une résistance anormale à l'avancement. Le wagon déraillé engage le gabarit de la voie contiguë.

L'**annexe n° 2** précise de manière détaillée l'ensemble des événements ayant conduit ou participé à la survenue de l'accident.

52 De ce qui précède on peut déduire le scénario d'échauffement de la boîte : mise en travers des rouleaux ; blocage du roulement intérieur, puis extérieur du fait des débris ; rotation de la fusée dans les bagues intérieures et dégagement de chaleur très important par frottement jusqu'à la fusion de la boîte, la bague intérieure et la fusée d'axe.

5 - Conclusions

5.1 - Arbre des causes

Les investigations conduites permettent d'établir le graphique ci-après qui synthétise le déroulement de l'accident et en identifie les causes et les facteurs associés mis en évidence par le BEA-TT.

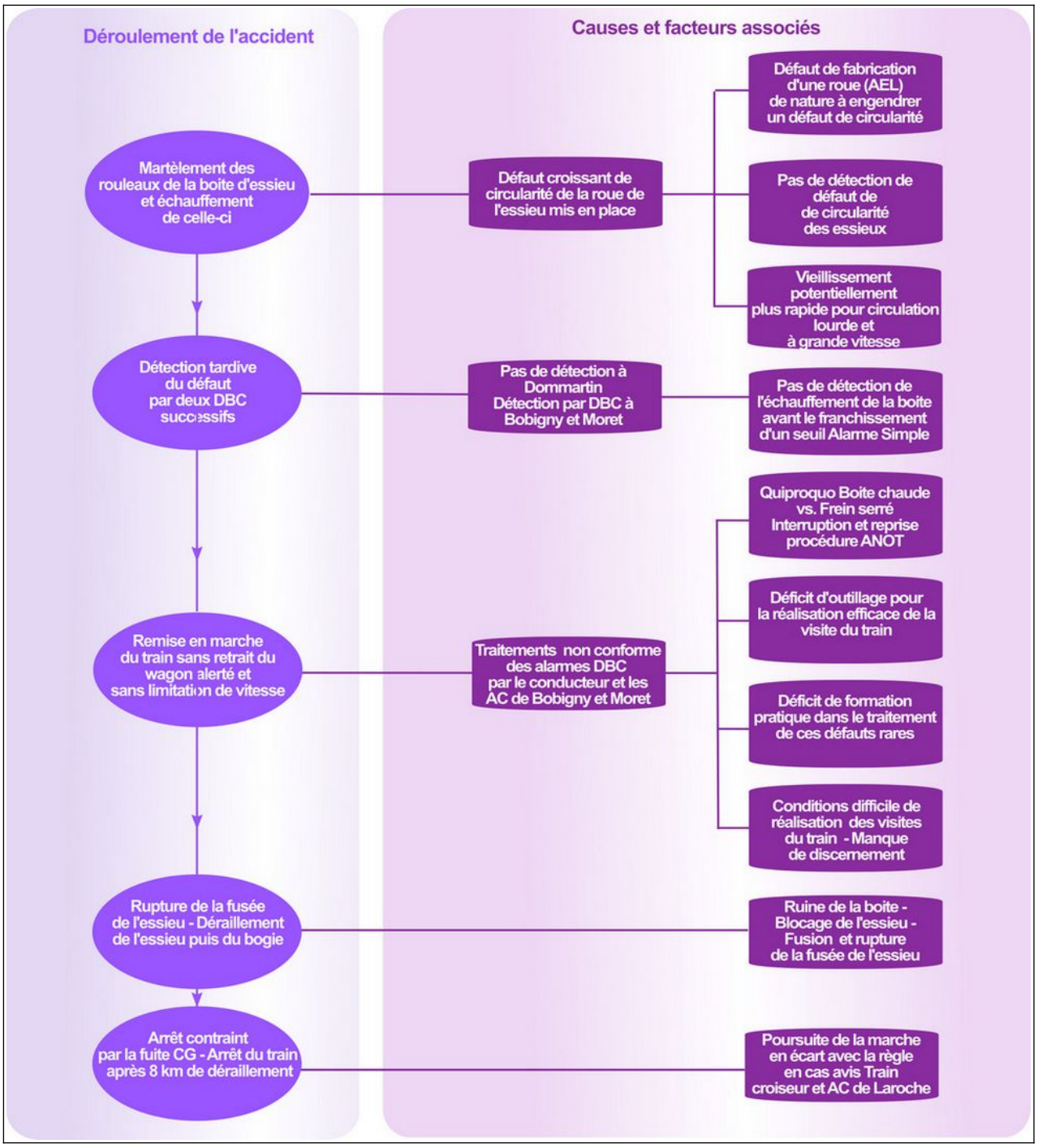


Figure 50 : Arbre des causes *(Source BEA-TT)*

5.2 - Les causes du déraillement

La cause racine

La cause directe du déraillement est la rupture de la fusée droite du 125e essieu du train consécutive à un blocage de la boîte d'essieu, elle-même consécutive à un endommagement sur près de 3 ans de celle-ci suite à un défaut interne d'une roue sous sa table de roulement, défaut de fabrication engendrant un défaut croissant de circularité.

Les facteurs contributifs

Les facteurs suivants ont conduit au déraillement du bogie du wagon sinistré :

1) Les opérations de maintenance du wagon décrites au chapitre précédent, réalisées en cohérence avec les prescriptions des référentiels de maintenance, n'ont pas pu détecter le défaut de circularité de la table de roulement :

   - Le défaut sur la table de roulement (AEL) n'a pas été, au regard des référentiels actuels, révélé[53]. Le défaut n'aurait pu être révélé que lors d'une opération de maintenance ultérieure de plus haut niveau ou à l'occasion d'un incident.

2) Le non-respect des procédures par le conducteur et les agents circulation des postes où le train a été alarmé, voire le régulateur, a contribué au développement de l'accident :

   - Les échanges entre les agents circulation ne respectent pas les consignes DBC des postes. Ces informations qui ne respectaient pas les règles définies et qui dans certains cas étaient erronées ont agi négativement sur le comportement d'un conducteur peu expérimenté. Il s'agit notamment, de ne pas donner les détails de l'alarme au conducteur alors qu'il circule en ligne. La nature et le rang du défaut ne doivent être communiqués que dans l'application de la procédure ANOT.

   - La consigne DBC des postes demande à l'AC en cas d'alarme simple d'arrêter le train de fret à son signal d'entrée, puis de tracer l'itinéraire pour recevoir le train sur voie de service et, enfin d'initialiser la procédure ANOT. L'initiation de la procédure ANOT sur voie principale, son interruption et sa reprise sur voie de service ont été de nature à perturber le conducteur.

   - L'échauffement de la boîte de la roue n° 7 de l'essieu 536 607 a été détecté à deux reprises en « alarme simple ». Par deux fois, le conducteur n'a pas été en mesure de déceler le défaut et a repris sa marche sans restriction. Dans le second cas, l'AC devait interpeller le conducteur. La consigne du poste précise que l'isolement du frein d'un wagon ne doit pas interrompre la recherche de la boîte chaude. Il appartenait à l'AC de demander au conducteur de poursuivre la visite de son train.

   - Les échanges au moyen de la radio avec l'AC de Laroche-Migennes ont été de nature à pousser le conducteur à poursuivre sa marche après le signalement du train croiseur.

3) L'inexpérience du conducteur associée à une documentation opérationnelle partiellement adaptée, au défaut d'outillage, à sa fatigue et à son stress non pris en compte par les intervenants pour gérer une situation d'envergure et rare, ont contribué au développement de l'accident :

53 L'opération de révision périodique G2.0 N2 du wagon faite par SOGEEFER *n'a pas permis de révéler qu'il existait* un défaut de circularité de la roue n°7. L'opération de contrôle des essieux selon le référentiel VPI 01 annexe 21 pouvait-elle identifier les prémices d'un « plat » de 3 mm avec « fissuration » sur un angle de 30° était-il possible » avec les moyens actuels ?

- Formation et suivi de l'agent :

  • Le conducteur a été en difficulté pour utiliser le *memento* du conducteur, notamment pour interpréter le sens de certains éléments conditionnels.

  • Le comportement du conducteur à la réception et confirmation du message « étincelles en queue de train » adressé par un train croiseur interroge sur la préparation du conducteur à réagir à la connaissance que son train circule dans des conditions dangereuses. La distance parcourue[54] avec un essieu déraillé aurait pu être réduite et vraisemblablement le déraillement du second essieu aurait pu être évité par un arrêt immédiat du train.

- Le *memento* du conducteur :

  • Son architecture pour traiter les événements pour tous types de train rend le cheminement difficile. Une mauvaise interprétation du *memento* quant au choix de l'option « *je peux surveiller mon train* », alors que son train est long et qu'il fait nuit sous la pluie, l'a conduit à repartir en ligne sans restriction[55].

  • Ces difficultés dans l'utilisation du *memento* n'ont pas été identifiées par la hiérarchie de l'agent lors des accompagnements.

- Le conducteur ne dispose pas d'outillage pour l'aider à évaluer la température des boîtes d'essieu et à assurer un comptage fiable du nombre d'essieux de son train ;

  • La méthode préconisée d'apposer le revers de la main à proximité du dessus de la boîte est perfectible.

- Le COGC de PSE et l'EF Fret SNCF lors de l'arrêt à Moret n'ont à aucun moment présumé de l'état de fatigue du conducteur et de son état de stress limitant sa performance. La relève du conducteur ou son accompagnement auraient permis de s'en prémunir.

4) La dernière opération de surveillance du train en marche effectuée par l'AC de Sens (Pk 126,63), du bon côté et proche du lieu de chute de la boîte d'essieu n'a pas permis de détecter le défaut et interroge quant à l'efficacité de cette opération.

Les points d'amélioration

Le BEA-TT considère que certains points, bien que non causaux, peuvent être susceptibles d'améliorer le système de sécurité en général, l'efficacité de la couverture assurée par les systèmes de surveillance des trains en particulier.

1) L'implantation des DBC parcourus est telle que les distances entre DBC successifs sont satisfaisantes sur la ligne 272 000 (D_{moy}~50 km, D_{maxi}~75 km entre détecteurs) mais ne le sont pas sur la ligne 830 000 (D_{moy}>75 km, D_{maxi}>100 km en nominal et D_{maxi}> 150 km en situation de défaillance d'un DBC) :

   - La détérioration de la boîte a été très rapide au regard de la distance entre les DBC successifs ; après quelques dizaines de kilomètres la boîte atteint la température de ramollissement des aciers (900 °C), puis atteint la température de fusion des aciers (1 400 °C) conduisant à la rupture de la fusée et la chute de la boîte et le déraillement de l'essieu 7/8 du wagon après un parcours de 55 km ;

2) La qualité des informations recueillies et les traitements actuels réalisés au niveau du poste central DBC ne permettent pas de détecter des points de mesures caractéristiques d'un début d'échauffement anormal d'un essieu et, le cas échéant,

54 Rupture fusée 123,480 – Perte de boîte 123,605 – Alerte du train croiseur environ au Pk 125 – Arrêt du train au 131,85, 550 m après la commande du frein.

55 Au lieu de programmer un arrêt après environ 20 km de marche à Villeneuve-Saint-Georges.

de générer une pré-alarme simple :

- Le BEA-TT note que les informations délivrées par DBC ne sont pas exploitées postérieurement au passage du train, alors qu'elles ont un fort potentiel pour la sécurité. Il aurait été possible d'arrêter le train dès les DBC de Dommartin et/ou de Liancourt, avant que l'échauffement de la boîte ne s'aggrave.

3) L'analyse des enregistrements des DBC franchis par le train fait apparaître une disparité des étalonnages de leurs capteurs de température :

   - Le BEA-TT constate que l'un des DBC était HS et un autre sous-estimait les températures du côté gauche. Ceci n'a pas eu d'impact sur le développement de l'accident.

4) La mise en place d'un centre d'intervention de nature à réaliser une analyse immédiate dès le déclenchement de chaque alarme de DBC, la levée éventuelle des fausses alarmes et l'assistance au conducteur lors de la visite du train pourraient être de nature à simplifier la réglementation et à rendre son application plus sereine et sûre.

5.3 - Les mesures prises par Fret SNCF depuis le déraillement

L'EF Fret SNCF a, suite à l'évènement, décidé et mis en œuvre les mesures suivantes :

- Clarification de la documentation quant au comportement du conducteur après :
  - une remise en marche après une alarme simple non confirmée : demander un arrêt pour une visite du train après 20 km[56] ;
  - un second signalement en alarme simple pour une même boîte : considérer l'alarme sur l'essieu comme une alarme danger confirmée.
- Modification en conséquence des « Mémos AdC et CRLO » de Fret SNCF en décembre 2020, incluant notamment un logigramme plus précis et le renforcement des précautions à prendre en cas de défaut sur les matériels roulants ;
- Dotation des conducteurs d'un stylo thermomètre et d'une craie grasse. Celle-ci sert à matérialiser le lieu de l'avarie du wagon. Elle peut permettre au conducteur de faire des repères tous les 10 essieux par exemple (aucune règle imposée sur ce décompte) ;
- Renforcement de la compétence des conducteurs dans la gestion des boîtes chaudes :
  - des supports pédagogiques ont été réalisés pour la formation des conducteurs ;
  - le retour d'expérience de l'événement a été un des thèmes de la Journée de Formation Continue (JFC) en 2021 ;
  - le thème du traitement d'une anomalie au matériel roulant, et potentiellement d'une boîte chaude, est abordé en JFC pour tous les conducteurs dans le cadre des entraînements aux sept activités de conduite en « Situations Rares et d'Urgence » tous les 3 ans[57] .

56 Ce même si concernant la difficulté de « surveiller son train », le conducteur est seul apte à décider, en fonction de ses connaissances de la ligne, des conditions climatiques et de visibilité, s'il peut poursuivre ou non sa circulation

57 SRU = traitement d'une anomalie au MR qui a été traité notamment lors de la JFC1 2023

5.4 - Le retour d'expérience sur le réseau français

5.4.1 - Le déraillement de Jonzac

Le 13 décembre 2016, plusieurs PN près de Jonzac, sur la section de ligne Saintes – Bordeaux, sont signalés en « raté d'ouverture ». L'agent appelé pour remédier au dérangement détecte plusieurs « rails cassés ». Ces constats conduisent à arrêter le train de fret qui venait de circuler sur cette section de ligne. Lors de la visite, un méplat important est détecté sur le premier essieu du deuxième wagon du train. Aucune anomalie n'est détectée sur les autres wagons du train. Au total 13 ruptures de rails seront identifiées les jours suivants.

Ces ruptures ont été causées par les chocs violents occasionnés par la circulation du wagon dont les deux roues d'un essieu étaient porteuses chacune d'un méplat d'environ 110 mm. Ces méplats étaient apparus antérieurement, probablement suite à un enrayage lors d'une circulation à vide. L'essieu a ensuite glissé sans tourner jusqu'au premier arrêt. Il s'est remis en rotation au départ de cette gare. Le train n'a pas été arrêté par les postes de surveillance des trains en marche (STEM) situés sur son parcours.

L'analyse de ces causes avait conduit le BEA-TT à formuler notamment deux recommandations :

- la motivation des agents effectuant la STEM vis-à-vis de la détection des méplats des roues. Il s'agissait de faire le nécessaire pour que l'ensemble des agents susceptibles d'assurer la STEM ou de gérer les circulations soient conscients des risques inhérents à la circulation de wagons porteurs de méplats hors tolérances. Leur faire comprendre qu'en l'absence d'action de leur part, les méplats peuvent s'aggraver et provoquer à tout moment des ruptures de rails ou circuler pendant des périodes assez longues en soumettant la voie à des chocs et à des contraintes anormales.
- le déploiement de détecteurs de défauts des roues sur le réseau ferré national. Il s'agissait de viser à arrêter les convois comportant des véhicules porteurs de défauts de roues dangereux mais aussi à identifier et à signaler à l'entreprise ferroviaire, à l'entité en charge de la maintenance ou au détenteur concernés, les véhicules porteurs de défauts non critiques mais susceptibles de dégrader l'infrastructure.
  Nous attirons d'ailleurs l'attention sur le fait que le déploiement de tels détecteurs pourrait être particulièrement utile pour renforcer la surveillance au défilé en sortie des plate-formes de formation de train comme à Dourges, afin de détecter au plus tôt les potentiels plats avant le départ en ligne du train.

SNCF Réseau s'est engagé auprès du BEA-TT et de l'EPSF à étudier les principes de la mise en œuvre sur le réseau ferré national de détecteurs d'anomalies des convois. Un test concluant de faisabilité de remontées des alarmes dans les postes d'aiguillage a été réalisé fin 2022. Une politique de déploiement sera ensuite élaborée avec une échéance cible désormais fixée à fin 2025.

5.4.2 - Les alarmes danger sur le RFN lors de l'année 2022

L'analyse des événements sécurité de l'année 2022 fait apparaître 4 Alarmes Simples et 3 Alarmes Danger générées par des détecteurs de boîte chaude. Trois autres signalements confirmés de boîtes chaudes ont été réalisés par d'autres moyens de détection (riverain, agent de conduite, frein serré ayant conduit à une boîte chaude).

Sur la période 2011 à 2022, années incluses, aucun déraillement de cause répertoriée « rupture d'essieu faisant suite à une alarme DBC » n'apparaît dans la base nationale des incidents. Celle-ci recense par ailleurs 20 déraillements mettant en cause un défaut « d'organe de roulement », ceux-ci pouvant possiblement couvrir une rupture d'une fusée d'essieu.

5.5 - Le retour d'expérience de réseaux étrangers

5.5.1 - La Suisse

Le réseau suisse à écartement UIC est équipé de 56 installations de détection de boîte chaude[58]. La distance moyenne entre DBC sur les lignes principales où circulent des trains de fret est de 30 km[59]. Les installations de DBC sont supervisées depuis un centre national. Situé à Erstfeld, celui-ci collecte en temps réel les informations (mesures et alarmes) de tous les DBC et collabore avec les services de l'exploitation au traitement de celles-ci[60]. Lors du déclenchement d'une alarme boîte au passage d'un DBC :

- l'alarme est transmise simultanément et acquittée individuellement par le Centre de Circulation (CC) et le Centre d'Intervention (CI) ;
- le CC fait arrêter le train en ligne en cas d'Alarme Danger ou à la première gare d'évitement en cas d'Alarme Simple **boîte** ou différentielle ;
- le CI analyse les données et juge s'il s'agit ou non d'une « fausse détection ». Dans l'affirmative, le CI autorise le CC à faire reprendre la marche normale au train, dans le cas contraire, le conducteur est invité à visiter son train avec l'assistance du CI et à prendre les mesures nécessaires au retranchement du wagon incriminé.

Il semble utile de définir les niveaux d'alarme de boîte chaude retenus en Suisse : alarme danger, simple et simple différentielle :

- AD si T°>100 °C ;
- AS si 80>T°>100 °C ;
- AS différentielle si ΔT>45 °C (sans seuil).

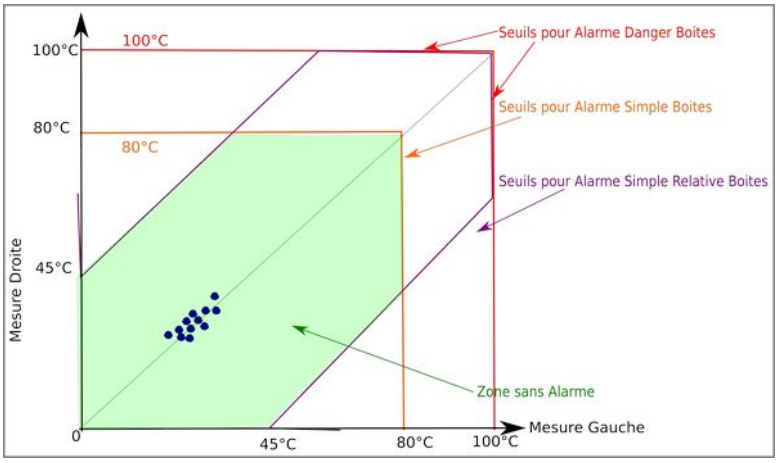


Figure 51 : Seuils de déclenchements des Alarmes Simples et Danger sur les DBC en Suisse
(Source BEA-TT)

58 Pour un réseau national de 3 011 km de voies principales, il vient une distance moyenne entre points de DBC d'environ 30 km.
59 Cette distance permet de réduire le risque résiduel de non-détection au niveau acceptable au regard de l'environnement montagneux et des difficultés d'accès – À noter que tous les DBC sont de 5e génération avec peigne thermique et détecteurs de frein serré et de disque de freinage chaud.
60 Réglementation CFF : I-50099

5.5.2 - L'Allemagne

La directive RIL 859 précise que « les sections de lignes du réseau transeuropéen RTE de DB Netz AG doivent être équipées de DBC-DFS. Pour les lignes principales où circulent des trains de fret la distance maximale entre DBC est de 70 km, celle moyenne est de 50 km. Les seuils de températures sont définis selon le référentiel RIL 408-553 :

- AD si T°>100 °C ;
- AS si 70>T°>100 °C ;
- AS différentielle si ΔT>65 °C (sans seuil)

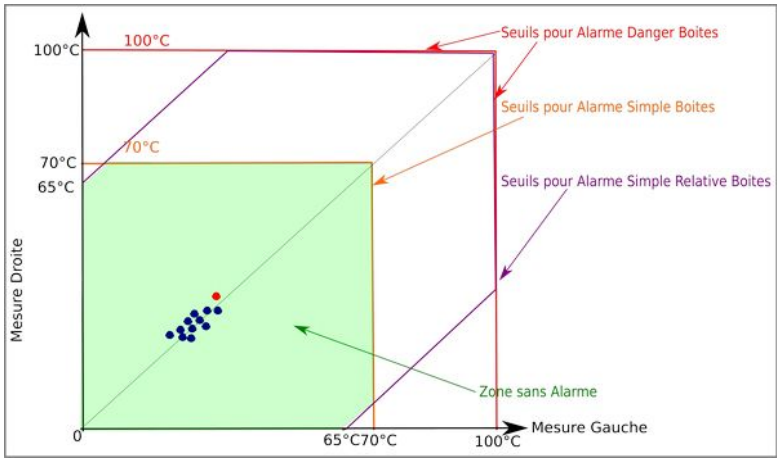


Figure 52 : Seuils de déclenchements des Alarmes Simples et Danger en Allemagne *(Source BEA-TT)*

Plusieurs accidents avec rupture de fusée ont eu lieu ces dernières années sur le réseau national allemand :

- Déraillement de train le 1/12/2012 à la gare centrale de Hanovre. Le déraillement de la 21e voiture a été causé par une rupture de la fusée du premier essieu du bogie avant dans le sens de la marche à droite. La rupture était due à une sollicitation thermique excessive de la fusée dans la boîte d'essieu[61].
- Déraillement de train le 26/01/2014 entre la gare Bitterfeld et celle de Wolfen où l'endommagement d'une boîte d'essieu du 2e essieu du 6e véhicule du train a provoqué un échauffement et par conséquent une rupture de la fusée d'essieu ainsi que la perte de la boîte d'essieu[62].
- Déraillement du train du 19/01/2014 à Obernjesa. Le déraillement du train a été causé par un échauffement de la 13e voiture en relation avec la rupture de la fusée de l'essieu arrière[63] sur le côté droit.
- Déraillement du train le 11/09/2015 entre Duisburg-Wedau et Lintorf (Gare de Düsseldorf). Le manque de lubrifiant sur le boîtier de la boîte du premier essieu située à gauche a entraîné un patinage à chaud et ensuite une rupture de la fusée d'essieu ainsi que la perte de l'ensemble du boîtier de la boîte d'essieu[64].
- Déraillement de train le 7/04/2015 à Eschhofen où en raison d'une rupture de la fusée du 2e essieu du bogie suiveur d'un véhicule fret et de l'augmentation de la masse qui en

61 Zugentgleisung den 1/12/2012 in Hannover Hbf (Entgleisung des 21. Wagens wurde durch einen Bruch des Wellenschenkels an der ersten Achse des vorderen Drehgestells in Fahrrichtung rechts verursacht. Der Bruch war Folge einer thermischen Überbeanspruchung des Wellenschenkels in Radsatzlager).

62 Zugentgleisung den 26/01/2014 zwischen Bf Bitterfeld und Bf Wolfen (Die Beschädigung eines des Zylinderrollenlager in der Fahrtrichtung rechten Radsatzlager des zweiten Achse am sechsten Fahrzeug im Wagenzug führte zu einem Heißläufer und in der Folge zu einem Radsatzwellenschenkelbruch sowie dem Verlust des Radsatzlagers)

63 Zugentgleisung de 19/01/2014 in Obernjesa (Die Zugentgleisung wurde verursacht durch einen Herauslaufe am 13 Wagen in Verbindung mit dem Bruch des Wellenschenkels an der rechten Seite des hinteren Radsatzes.

64 Zugentgleisung den 11/09/2015 zwischen Duisburg-Wedau – Lintorf (Schmiermittelelust am Radsatzlager-Gehäuse der erste Achse führte zum Heißläufer und im Anschluss zum Achsschenkelbruch).

résulte, des traces de butée apparaissent sur les bras de suspension et les aiguillages au départ du train en gare de Limburg. Lors du passage de l'aiguillage 611 à Eschhofen, le 2e bogie se met à dérailler[65] .

5.5.3 - *L'italie*

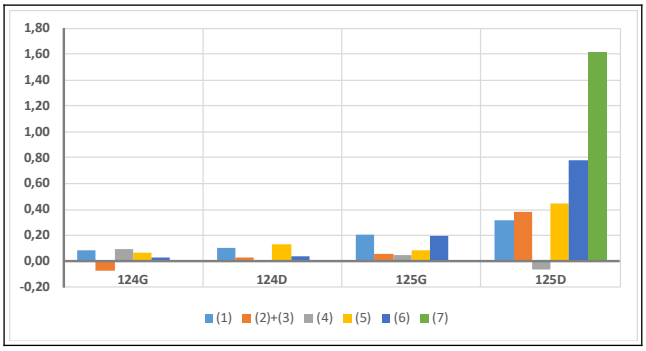
Les distances maximales entre DBC sont fonctions de la vitesse de ligne :

- si V_{Ligne}>150 km/h, distance entre DBC de 25 à 40 km ;
- si 100≤V_{Ligne}<100 km/h distance moyenne entre DBC de 60 km ;
- si V_{Ligne}<100 km/h, distance moyenne entre DBC de 80 km.

5.5.4 - *Estimation de la distance optimale entre DBC*

Une étude académique a été réalisée en Autriche pour déterminer, en tenant compte des conditions actuelles de circulation, la distance maximale entre DBC successifs. Elle conclut notamment, au regard de la surveillance de « boîtes chaudes », que la distance optimale permettant réduire le risque résiduel à un niveau acceptable est de 50 km[66], sans dépasser 75 km. Les gestionnaires d'infrastructure de la DACH (Allemagne, Suisse, Autriche) ont retenu dans leurs référentiels cette distance comme cible moyenne pour l'implantation des DBC lors de leur renouvellement.

Les pentes des variations kilométriques de température des boîtes d'essieu pour chacun des essieux 124 G et D, 125 G et D du train n° 50 233 sur les sections du trajet sont présentées en **figure 53** (en °C/km). La pente associée au 125e essieu droit est de plus de 0,3 °C/km, elle s'élève 0,5 puis 0,8 °C/km avant d'entrer en phase terminale.



	124G	124D	125G	125D
(1)	0,0835	0,1044	0,2088	0,3132
(2)+(3)	-0,0758	0,0303	0,0606	0,3788
(4)	0,0984	0,0000	0,0492	-0,0656
(5)	0,0671	0,1342	0,0895	0,4474
(6)	0,0278	0,0417	0,1944	0,7778
(7)	0,0000	0,0000	0,0000	1,6176

Les sections de trajets du train :
(1) Dourges à Boisleux 47,9 km
(2) Boisleux à Daours (DBC HS) 20 km
(3) Daours à Dommartin 46 km
(4) Dommartin à Liancourt 61 km
(5) Liancourt à Bobigny 44,7 km
(6) Bobigny à Moret 72 km
(7) Moret à chute de la boîte 68 km

Si l'on considère une pente de 0,3 °C/km de variation kilométrique d'une boîte d'essieu pouvant approcher le seuil d'une alarme danger, il vient qu'une distance de 66 km permet d'atteindre le seuil d'alarme danger. Cette distance se réduit à 40 km si l'on considère une pente de 0,5 °C/km

Figure 53 : Pentes de variation kilométrique de température
(Source BEA-TT)

65 Zugentgleisung den 07/04/2015 in Eschhofen (Aufgrund eines Radsatzwellenbruchs an der zweiten Achse des nachlaufenden Drehgestells beim Tfz 90 80 6143 021-4 und der dadurch entstehenden Vergrößerung des Ar Maßes kommt es bei der Abfahrt der RB15423 im Bf Limburg zu Anschlagsspuren an Radlenkern und Weichen. Bei der Durchfahrt der Weiche 611 in Eschhofen kommt es schließlich zur Entgleisung des zweiten Drehgestells).

66 Distance minimale permettant, avec les pentes moyennes d'élévation de la température d'un essieu défaillant avec le kilométrage parcouru, à la température de l'essieu en AS au DBC(n) d'atteindre la température d'AD au DBC(n+1)

6 - Les recommandations

Les investigations conduites permettent d'établir les recommandations et invitations ci-après qui visent à renforcer le système de sécurité en agissant sur :

- la maintenance des organes de roulement ;
- l'outillage et l'assistance aux conducteurs Fret quant au traitement des alarmes DBC ;
- l'implantation et la maintenance des DBC et autres points de STEM ;
- l'assistance aux agents circulation pour le traitement des alarmes DBC.

6.1 - La maintenance des organes de roulement

Le défaut de circularité de la roue n° 7 du 29e wagon du train 50 233, quoique significatif au regard des tolérances[67], n'a pas été trouvé car non recherché, ni lors de la dernière opération de maintenance préventive cyclique G2.0 N2 du wagon en mai 2019, ni lors du contrôle au défilé lors du départ du train. Le défaut de la table de roulement de la roue existait à la date de ces deux types d'opération :

- La mesure de la circularité des roues n'étant prévue, en l'état actuel des référentiels applicables, que lors de certaines opérations de maintenance corrective sur les organes de roulement, elle n'a pas été réalisée lors de l'opération G2.0 N2 ;
- Les opérations de contrôles réalisées lors de la visite du train pour reconnaître son aptitude au transport ne couvrent expressément pas l'observation des potentiels indices relatifs aux défauts de circularité des roues[68]. Il en est de même pour l'opération de surveillance au défilé.

Le BEA-TT considère qu'il est important que les agents assurant la surveillance au défilé soient conscients des risques inhérents à la circulation de wagons porteurs de méplats hors tolérances. En effet, en l'absence d'action de leur part, les méplats peuvent s'aggraver et les wagons circuler en soumettant la voie à des chocs et à des contraintes anormales, voire dégradant la qualité des organes de roulement des boîtes des roues concernées.

Par ailleurs, le BEA-TT considère que les entités en charge de l'entretien des wagons (ECE) ECE doivent être sensibilisées quant à la problématique de cet accident, l'évolution rapide d'un défaut de circularité d'une roue et la dégradation afférente de la boîte d'essieu. À cette fin, il serait utile de solliciter les « organismes certificateurs » des ECE à vérifier leur aptitude à adapter les plans de maintenance aux situations réelles d'usage des essieux, tout particulièrement la circularité des roues des wagons exploités en régime messagerie. La mise en œuvre de ces plans de maintenance doit être effective, même s'ils dérogent aux règles « VPI » (ces règles n'engagent en rien la responsabilité de leur auteur, qu'une habilitation VPI ne se substitue pas à une certification ECE).

67 Un creux de 3 mm pour 0,6 mm maximum selon le CUU et 0,7 mm selon la norme 15 313.
68 Listés dans le Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons (CUU) à l'annexe 10 – appendice 1.

Recommandation R1 adressée à l'EPSF :

Agir auprès du Comité Européen de Normalisation et de l'association VPI afin de faire instruire la modification des normes EN 15 313 et guide du VPI (document VPI 01 Annexe 21) de nature à généraliser la réalisation, lors des opérations de maintenance en atelier des essieux, de l'examen des indices de défauts de circularité des roues définis dans l'Annexe 10 du Contrat Uniforme d'Utilisation des wagons.

Agir auprès de l'ERA, afin de sensibiliser les « organismes certificateurs » des ECE quant à ce type d'événement redouté. Il s'agit de faire prendre conscience aux ECE que ce type de défaut est à prendre en compte dans leur « domaine des possibles défauts » à couvrir par les plans de maintenance, même pour les roues neuves.

Le BEA-TT invite l'association française de propriétaires de wagons privés à informer ses membres du contenu de ce rapport et à soutenir l'action de l'EPSF auprès des organismes de normalisation.

6.2 - Assistance aux opérateurs quant au traitement des alarmes DBC

Le traitement adéquat des alarmes boîte chaude repose sur le comportement des conducteurs de train et des agents circulation des postes gérant les DBC. Ils doivent réagir avec rigueur dans le respect de la réglementation, parfois dans des conditions peu favorables.

Le BEA-TT considère que le risque de déraillement aurait pu être réduit si le conducteur avait d'une part, disposé de certains outils individuels et, d'autre part, de possibilités réglementaires permettant de considérer comme une Alarme Danger une seconde Alarme Simple sur deux DBC successifs relatives à une même boîte d'essieu, de systématiser un nouveau contrôle de l'essieu précédemment alarmé, à environ 20 km après la mise en marche consécutive à une première alarme simple boîte non confirmée.

Le BEA-TT considère que le risque de déraillement aurait pu être réduit si les agents circulation des gares de Bobigny, Moret et Laroche-Migennes ainsi que le conducteur avaient appliqué avec rigueur les référentiels des postes et exploité les informations de températures accessibles sur demande.

Recommandation R2 adressée à l'EPSF à destination des EF Fret opérant sur le RFN :

Doter les conducteurs de trains Fret d'outils facilitant la visite du train dans la reconnaissance des boîtes chaudes afin de permettre une évaluation de la température des boîtes, de matérialiser le lieu de l'avarie du wagon et de permettre au conducteur de repérer les essieux comptés ;

Compléter les formations initiales et d'actualisation des connaissances des conducteurs de trains Fret, afin de préciser et pratiquer les différents cas de figure d'alarmes simple ou danger boîte .

Faire revisiter les référentiels de conduite afin de lever les potentielles ambiguïtés quant au traitement des procédures relatives aux alarmes DBC et visite de leur train. Prescrire que la seconde Alarme Simple sur un même essieu sur un trajet doit être considérée comme une Alarme Danger. Faire procéder à un arrêt, environ 20 km après une remise en marche suite à une Alarme Simple boîte non confirmée, pour visite par le conducteur.

Fret SNCF a informé le BEA-TT que les mesures précédentes avaient déjà été prises suite à l'accident.

En complément, afin de faciliter le traitement alarmes et informations de température des boîtes des trains de fret, le BEA-TT considère qu'une centralisation des alertes auprès d'un centre de supervision national, ou de centres régionaux, permettrait un meilleur suivi des trains déjà alarmés. Cette centralisation pourrait aussi permettre d'assurer un meilleur suivi du bon fonctionnement des DBC afin de participer à une plus grande efficacité du système de surveillance des DBC.

Le BEA-TT considère que les installations de DBC actuelles mesurent des informations significatives de leur état propre et de celui des circulations ferroviaires, sans que celles-ci ne soient exploitées en temps réel ou immédiat pour opérer une détection précoce des boîtes chaudes en devenir et repérer les défauts de mesurage.

Recommandation R3 adressée à SNCF Réseau :

Étudier la possibilité de remonter les informations de température et les alarmes générées par les DBC du réseau ferré national afin d'en assurer, en temps réel, une gestion centralisée.

Le centre de supervision du gestionnaire d'infrastructure devrait ainsi permettre :

– de lever les doutes et faciliter l'application des règlements par les agents de terrain, AC et conducteurs, ainsi que les opérations de maintenance du gestionnaire d'infrastructure ;

– d'augmenter la disponibilité opérationnelle des DBC.

Le BEA-TT prend acte que ces fonctionnalités seront portées par les nouvelles installations de DBC en cours de définition.

Le BEA-TT invite SNCF Réseau, à rappeler à ses acteurs de terrain, agents circulation et mainteneurs de l'infrastructure, que même si les installations de DBC ne sont pas de sécurité (SIL4), elles contribuent directement à la sécurité des circulations ferroviaires, tout particulièrement les trains de fret.

6.3 - Fréquence d'implantation des DBC

Même si l'espacement des installations de DBC n'est pas une cause première de l'accident, l'examen de l'implantation des DBC sur la ligne 830 000 Paris à Lyon montre des distances importantes, peut-être déterminées avec un trafic fret différent, en densité et en nature, de celui d'aujourd'hui[69]. Elle n'a pas évolué pour prendre en compte l'ouverture des corridors pour trains de « messagerie ME 120 ». Ainsi, la distance moyenne entre DBC y est de 89 km[70] (soit plus de 150 km si un DBC est hors service), alors qu'elle est de 43,8 km[71] sur la ligne 272 000 de paris à Lille.

Dans notre situation, le train a parcouru 77,5 km depuis le dernier DBC avant de s'immobiliser suite à déraillement. Il lui restait 18 km avant d'atteindre le prochain DBC.

D'une manière générale, le BEA-TT considère que :

– la vitesse de croissance d'un défaut de circularité pourrait être plus rapide au regard des énergies dissipées quand les wagons circulent à grande vitesse (ME120) que sur la majorité des autres trains de marchandises (MA80). Dans ces conditions les organes de roulement des boîtes des roues concernées sont plus rapidement impactés[72].

69 Les implantations étaient prioritairement en encadrement des triages et plus dense dans les régions du nord de la France.
70 Une distance maximale entre DBC successifs de 102 km et une distance maximale de 196 km en cas d'effacement d'un DBC.
71 Une distance maximale entre DBC successifs de 59,9 km et une distance maximale de 115 km en cas d'effacement d'un DBC.
72 L'accroissement de l'énergie dépensée lors d'un choc méplat-rail, est de 2,25 pour un passage de 80 à 120 km/h, 1,45 pour un passage de 100 à 120 km/h.

– les défauts de boîte chaude, de faible occurrence et d'extrême gravité[73] pour les circulations ferroviaires et leur environnement, doivent être activement recherchés et éliminés lors des différentes opérations de surveillance et de maintenance. Les potentielles conséquences catastrophiques d'une rupture de fusée d'essieu en vitesse constituent un risque inacceptable.

– l'espacement entre DBC successifs devrait être adapté à la vitesse et la nature des circulations, en tenant compte plus précisément de la vitesse d'évolution de défauts dans les conditions actuelles de circulation des trains de fret, ce afin de garantir que le risque résiduel estimé soit acceptable (risque indépendant du trafic).

En Allemagne, Suisse et Italie la distance moyenne d'implantation des DBC-DFS est plus courte[74]. Ceci réduit le risque qu'une boîte non alarmée au détecteur N, n'atteigne à une température d'endommagement de la graisse de la boîte avant le détecteur N+1. La fréquence et la disponibilité opérationnelle des détecteurs contribuent à la sécurité des circulations et de leur environnement[75].

Recommandation R4 adressée à SNCF Réseau :

Revisiter les règles d'implantation des DBC au regard de l'estimation du risque résiduel. Il convient de tenir compte des conditions présentes ou prévues d'exploitation des lignes, ainsi que des caractéristiques du matériel roulant. Le cas échéant, resserrer le pas entre DBC ou limiter la vitesse de circulation maximum pour garantir le niveau de sécurité défini par l'EPSF.

73 Cf. Accident de Viareggio en 2009 aux conséquences dramatiques, élément initiateur à la rédaction de la norme EN 15 313 – Cf. Les accidents recensés aux § 5.4 et 5.5 du présent rapport.

74 Les textes européens ne requièrent pas aux IM's de détecter des « freins serrés » et/ou les « disques de frein échauffés ».

75 La rupture d'un essieu est un événement très rare mais potentiellement très grave. Annuellement l'on peut considérer que le nombre moyen de boîtes chaudes détectées (AS et AD) sur le RFN est de 10 en regard de 380 freins serrés (AS et AD).

Recommandations (english version)

As a result of the investigations carried out, the following recommendations and invitations have been drawn up, aimed at reinforcing the safety system by taking action on:

- maintenance of running gear
- tools and assistance for Freight drivers in dealing with HBD alarms;
- the installation and maintenance of HBDs and other STEM points;
- assistance to traffic agents in handling HBD alarms.

Maintenance of running gear

The defect in the circularity of wheel No. 7 on the 29th wagon of train 50 233, although significant in terms of tolerances, was not found because it was not investigated, either during the last G2.0 N2 cyclic preventive maintenance operation on the wagon in May 2019, or during the inspection at the passing by when the train departed. The defect in the wheel tread existed at the time of these two types of operation:

- As measurement of wheel circularity is only provided for during certain corrective maintenance operations on running gear, it was not carried out during operation G2.0 N2;

- The checks carried out during the inspection of the train to determine its fitness for carriage expressly do not cover the observation of potential signs of wheel circularity defects. The same applies to the monitoring operation at the passing of the train.

The BEA-TT considers that it is important for the staff supervising the passing of trains to be aware of the risks inherent in the movement of wagons with flat spots that are out of tolerance. In fact, if they do not take action, the flat spots can worsen and the wagons can move, subjecting the track to shocks and abnormal stresses, and even degrading the quality of the running gear on the wheels concerned.

Furthermore, the BEA-TT considers that the entities in charge of wagon maintenance (ECE) should be made aware of the problem of this accident, the rapid development of a wheel circularity defect and the related deterioration of the axle-box. To this end, it would be useful to ask the ECE "certification bodies" to check their ability to adapt the maintenance plans to the actual situations of use of the axles, particularly the circularity of the wheels of wagons operating in express service, and to ensure that they are actually implemented, if necessary by going beyond the strict copying of the "VPI" maintenance rules (reminder that these rules in no way engage the responsibility of their author, and that a VPI authorisation is not a substitute for ECE certification).

Recommendation R1 addressed to EPSF:

Contact the European Committee for Standardisation and the VPI association in order to have the modification of standards EN 15 313 and the VPI guide (document VPI 01 Annex 21) instructed so that, during axle workshop maintenance operations, the wheel circularity defect indices defined in Annex 10 of the Uniform Contract of Use for Wagons are generally examined.

Work with the ERA to make the ECE "certification bodies" aware of this type of dreaded event. The aim is to make the ECEs aware that this type of defect must be taken into account in their "field of possible defects" to be covered by maintenance plans, even for new wheels.

The BEA-TT invites the French association of private wagon owners to inform its members of the content of this report and to support the EPSF's action with the standardisation bodies.

Assistance to operators in handling HBD alarms

The proper handling of hot axle box alarms depends on the behaviour of train drivers and signalmen at the stations managing the HBDs. They must react rigorously in compliance with the regulations, sometimes in less than favourable conditions.

The BEA-TT considers that the risk of derailment could have been reduced if, on the one hand, the driver had had certain individual tools at his disposal and, on the other hand, if the regulations had made it possible to consider as a Danger Alarm a second Single Alarm on two successive HBDs relating to the same axle box, and to systematise a new check of the previously alarmed axle, approximately 20 km after starting up following a first unconfirmed single box alarm.

The BEA-TT considers that the risk of derailment could have been reduced if the traffic wardens at Bobigny, Moret and Laroche-Migennes stations and the driver had rigorously applied the switch box standards and used the temperature information available on request.

Recommendation R2 addressed to EPSF for Freight RUs operating on the RFN:

Provide Freight train drivers with tools to make it easier to visit the train and identify hot axle boxes, so that the temperature of the boxes can be assessed, the location of the damage to the wagon can be marked out and the driver can identify the counted axles;

Complete the initial and current training courses for Freight train drivers, in order to specify and practise the various cases of single or danger box alarms. Have the driver reference manuals reviewed in order to remove any potential ambiguities regarding the handling of procedures relating to HBD alarms and visits to their train.

Prescribe that the second Simple Alarm on the same axle on a journey must be considered as a Danger Alarm. Have the driver stop the train approximately 20 km after restarting it following an unconfirmed Single Alarm.

Fret SNCF informed the BEA-TT that the previous measures had already been taken following the accident.

In addition, in order to facilitate the processing of alarms and temperature information from freight train boxes, the BEA-TT considers that centralising alerts at a national supervision centre, or at regional centres, would enable better monitoring of trains that have already been alarmed. This centralisation could also ensure better monitoring of the correct operation of the HDs in order to contribute to greater efficiency of the HBD monitoring system.

The BEA-TT considers that the current HBD installations measure significant information about their own condition and that of rail traffic, but that this information is not used in real or immediate time for early detection of hot boxes in the making and to identify measurement faults.

Recommendation R3 addressed to SNCF Réseau:

Study the possibility of uploading temperature information and alarms generated by HBDs on the national rail network for centralized, real-time management. The infrastructure manager's supervision center should thus make it possible to:
- clear up any doubts and facilitate the application of regulations by agents, traffic managers and drivers, as well as the infrastructure manager's maintenance operations,
- increase the operational availability of HBDs.

The BEA-TT notes that these functionalities will be supported by the new HBD installations currently being defined.

The BEA-TT invites SNCF Réseau to remind its field staff, traffic agents and infrastructure maintainers, that even if the HBD installations are not safety installations, they contribute directly to the safety of rail traffic, particularly freight trains.

Frequency of installation of HBDs

Even if the spacing of the HBD installations was not a primary cause of the accident, an examination of the layout of the HBDs on line 830000 from Paris to Lyon shows significant distances, perhaps determined with freight traffic that was different in density and nature from that of today. It has not been changed to take account of the opening of corridors for "ME 120 messagerie" trains. For example, the average distance between HBDs is 89 km (or more than 150 km if an HBD is out of service), compared with 43.8 km on line 272 000 from Paris to Lille.

In our situation, the train travelled 77.5 km from the last HBD before coming to a halt following a derailment. It still had 18 km to go before reaching the next DBC. Generally speaking, the BEA-TT considers that :

- the rate of growth of a circularity defect could be faster in view of the energy dissipated when the wagons are travelling at high speed (ME120) than on the majority of other freight trains (MA80). Under these conditions, the running gear of the wheel sets concerned is more rapidly impacted.

- Hot box faults, which occur infrequently but are extremely serious for train movements and their environment, must be actively sought out and eliminated during the various monitoring and maintenance operations. The potential catastrophic consequences of an axle journal failure at speed constitute an unacceptable risk.

- the spacing between successive HBDs should be adapted to the speed and nature of traffic, taking into account more precisely the speed at which faults develop in current freight train traffic conditions, in order to ensure that the estimated residual risk is acceptable (risk independent of traffic).

In Germany, Switzerland and Italy, the average installation distance of HBDs is shorter. This reduces the risk of a non-alarmed can at detector N reaching a temperature that damages the grease in the can before detector N+1. The frequency and operational availability of detectors contribute to the safety of traffic and the surrounding environment.

Recommendation R4 addressed to SNCF Réseau:

Revisit the rules for setting up HBDs considering the real estimated residual risk. This should take account of current or planned line operating conditions, as well as rolling stock characteristics. If necessary, tighten the spacing between HBDs or limit the maximum running speed to guarantee the level of safety defined by the EPSF.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d’ouverture d’enquête

Annexe 2 : Déroulé des évènements

Annexe 3 : Documents relatifs à la révision de l’essieu sinistré

Annexe 4 : Textes réglementaires traitant des seuils des DBC

Annexe 5 : Alarmes DBC de Bobigny et de Moret

Annexe 6 : Fiche 105 du *memento* du conducteur de ligne

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

BEATT
Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

Le Directeur

La Défense, le 21 AOUT 2020

DECISION

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

Vu le Code des transports et notamment les articles L. 1621-2 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 train de fret survenu le 19 août 2020 entre Villeneuve-sur-Yonne et Saint-Julien-du-Sault dans l'Yonne ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-2 et R. 1621-22 du Code des transports concernant le déraillement du train de Fret SNCF n° 50233 survenu le 19 août 2020 entre Villeneuve-sur-Yonne et Saint-Julien-du-Sault (89).

pi Goua

Jean PANHALEUX

La Secrétaire Générale
du Bureau d'Enquêtes sur
les Accidents de Transport Terrestre

Grande Arche – Paroi Sud 92055 – LA DEFENSE CEDEX
Tél. : 01 40 81 23 27 – www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

Annexe 2 : Déroulé des événements

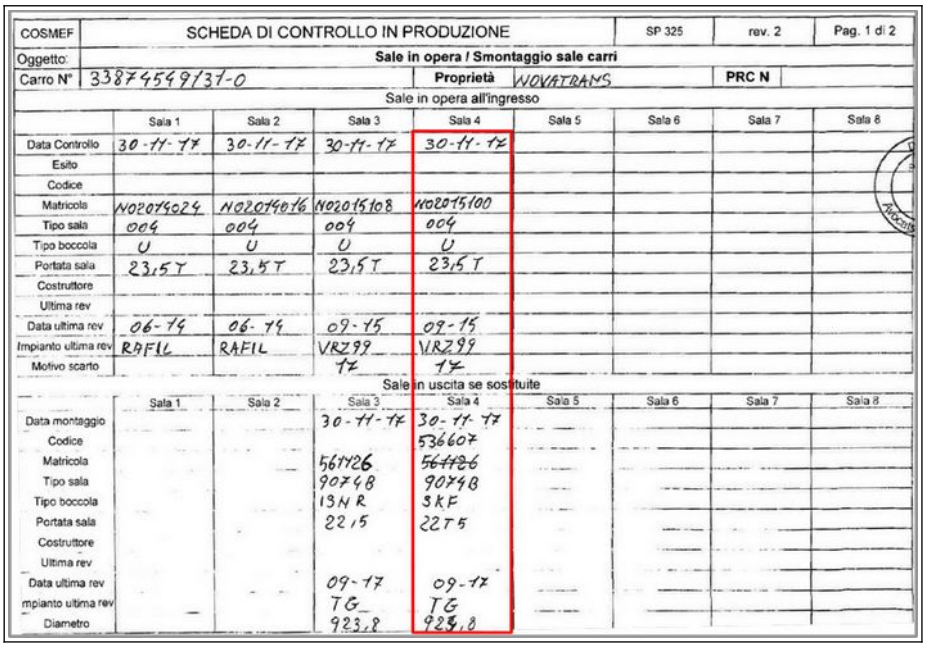
D depuis Dourges	Heure	Actions du conducteur et des AC
	17h50	Prise de service au foyer de Lens – trajet taxi 10 min
		Trajet HLP de Lens à Dourges – départ prévu retardé d'une heure avec suppression de deux arrêts intermédiaire (Arras)
0 K	19h10	Mise en tête du train à Dourges
	19h31 à 19h44	Essais de frein avec deux agents au sol & pose des signaux de queue – RAS « train prêt » à 19h44
	19h49	Mise en marche depuis Bourges avec environ 1 h de retard sur la marche initialement prévue
	19h50	Essais de roulage à 3-4 km/h sur 20 m – pas de perte de vitesse – surveillance par fenêtre et manomètre – RAS
		Contrôle au défilé à 10 km/h devant les deux agents situés à droite dans le sens de circulation – RAS
4 km	20h15	Essais de freinage dynamique, passage de 80-90 km/h jusqu'à 10-15 km/h suite à coup de frein (~au niveau d'Ostricourt) – RAS
38,85 Km	20h20	Arrêt en ligne par la signalisation à Arras le temps de laisser passer une circulation voyageur TER – RAS
47,53	20h22	DBC de Boisleux
47,92	20h23	Boisleux (PC)
105,01	20h39	Gare de Longueau
113,48	20h40	DBC Dommartin
166,98	21h45	Gare de Creil
173,26	21h53	DBC Liancourt
174,26	21h55	Gare de Liancourt
218,98	23h16	DBC Stains pour le PC de Bobigny
		Séquence d'arrêt par les signaux à l'entrée de Bobigny – l'AC de Bobigny poste 1 alerte le conducteur d'une alarme simple boîte chaude ou frein serré – Arrêt du train devant le C 103
	23h25	Début de procédure ANOT avec l'agent circulation de Bobigny poste 1
		Interruption de la procédure ANOT à l'initiative de l'AC – Mise en mouvement du train sur la voie de service n°7
220,98	23h40	Réception du train sur voie 7 de Bobigny
		Connexion radio sur Bp auto avec un AC autre que du poste que le poste 1 – coupure connexion radio – rétablissement liaison radio avec l'agent circulation du poste 1
		Reprise de la procédure ANOT avec AC du poste 1 : sur 123e puis 125e essieu, « boîte chaude », côté « droit », sans dégagement de fumée
		Pendant l'échange radio avec l'agent circulation – un agent de manœuvre interpelle le conducteur pour dételer son train / confusion avec la réception d'un autre train à Bobigny
		Le conducteur demande à l'AC circulation s'il s'agit d'une AS ou une AD – Réponse orale : « Alarme simple frein serré » (malgré inscription défait de boîte chaude sur la fiche ANOT) – Pas de réaction du conducteur « je pars avec l'idée d'un FS vers le 125e essieu »
		Immobilisation du train (cales anti dérive et freins à vis sur les 4 premiers wagons)
		Visite du train avec desserrage du frein automatique et surcharge – le conducteur dit que le comptage des essieux dans ces conditions (ballast, nuit, forte pluie, train long de 700 m) est une chose difficile (conducteur confronté pour la 1re fois à cette opération) – Pas de comptage depuis la queue du train car « le bulletin de composition n'est pas toujours fiable » selon le conducteur

		Reprise du comptage des essieux suite à mouvement de manœuvre sur la voie contiguë côté droit
		Reprise du comptage des essieux suite à interruption par l'aiguilleur du poste envoyé par l'Agent circulation est venu lui demander si tout allait bien (aiguilleur du P1 Bobigny) – ceci a perturbé le conducteur dans son comptage
		Arrivée sur le 125e essieux – wagon de transport de MD – Les semelles de frein sont décollées et la boîte sans d'odeur ou couleur rouge – RAS pour le conducteur
		Le conducteur vérifie l'état des semelles et boîtes de l'essieu 120 à la queue du train côté droite – RAS
		Application du *memento* du conducteur de ligne suite à alarme DBC : À la question : « Possibilité de surveiller son train ? O ou N », le conducteur considère que oui – Ce choix lui permettra de repartir en ligne sans restriction Dans le cas contraire la fiche 490 demande de programmer un arrêt après 20 km de marche (en gare de Valenton dans ce cas)
		Suite à absence certaine d'anomalie : serrage du frein et desserrage avec surcharge – retrait des moyens d'immobilisation (application *memento*) – Complet fiche ANOT et élimination surcharge
	1h47	Départ de Bobigny (reprise marche avec essai de roulage, pas d'effort de retenue)
251,98	2h22	Gare de Villeneuve St-Georges, arrêt en ligne par les signaux pour cause circulation (oubli d'ouverture carré) – Lors de la communication avec l'AC, le conducteur l'informe de son arrêt précédent et lui demande s'il y a un souci sur son train – STEM RAS
280,67	2h52	Gare de Melun, ralentissement 60 par les signaux pour un changement de voie – Lors de la communication avec l'agent circulation, le conducteur l'informe de son arrêt précédent et lui demande s'il y a un souci sur son train – STEM RAS
290,96	3h05	DBC Bois-le-Roi
	3h10	Le conducteur appelle le Régulateur pour l'informer des 2 STEM positifs et l'interroge sur le résultat du DBC de Bois-le-Roi qu'il vient de franchir
	3h14	Le régulateur appelle le conducteur pour l'informer qu'il va être arrêté par l'AC de Moret pour une alarme boîte chaude au 25e essieu à droite (conducteur « demande 25 ou 125e ? » Régulateur répond « qu'il devra voir avec l'agent circulation de Moret »)
303,4	3h27	Arrêt du train sur voie 1bis de Moret
	3h31	Gare de Moret – initiation de la procédure ANOT avec l'AC de Moret : alarme simple sur le 25e essieu droite, « boîte chaude » – le conducteur demande s'il n'y a pas confusion entre 25 et 125e essieu au regard de l'alerte précédente – après vérification sur le relevé papier l'AC rectifie en « alarme simple boîte chaude au 125e essieu droite »
		Immobilisation du train (cales anti dérive et freins à vis sur les 4 premiers wagons) et surcharge et élimination de la surcharge
		Visite du train avec desserrage du frein automatique et surcharge – remontée du train en comptant les essieux jusqu'au 124e essieu, pris pour le 125e essieu – découverte d'un frein serré (semelles collées ne bougent pas) – le conducteur pense avoir trouvé le problème et ne prolonge pas la visite de son train
		Isolement du frein du 28e wagon (n° 33 87 4960 002-3) – les semelles se desserrent ce qui confirme l'analyse – procédure pour la remise en route du train (retrait immobilisation en application du *memento* fiches 105-010/ 205 /220/953)
	4h00	AdC rend compte à l'AC que le défaut a été identifié et prêt au départ – le conducteur d'autant plus que le conducteur ne peut surveiller tout son train
	4h17	Départ du train en ligne de Moret (avec essai de roulage RAS)
	4h45	Demande de STEM côté droit à l'AC de Sens (BV à Gauche et poste à Droite (Pk 126,63)) – le conducteur précise « plus particulièrement sa queue »
349,22	4h49	Sens (Pk 126,63) – l'AC du poste de Sens informe le conducteur qu'il n'y a ni odeur, ni étincelles – STEM RAS
360,07	*4h50*	*Rupture de la fusée droite du 125e essieu (Pk 123,480)*
360,2	*4h51*	*Chute de la boîte d'essieu et déraillement du premier essieu du 29e wagon (Pk 123,605)*

360,72	*4h53*	*Passage planchéié (Pk 124,125)*
361,59	4h55	Appel de groupe « vocal » de la part d'un train croiseur – qualité sonore médiocre – message « étincelles en queue de train » sans identification du numéro de train
	4h56	L'AC de Laroche-Migennes informe le conducteur qu' « un train croiseur a vu des étincelles en queue de son train et qu'il va le faire rentrer sur voie de garage (à Laroche-Migennes) pour la visite de son train » – le conducteur réduit sa vitesse à 80 km/h. Il ne s'arrête pas immédiatement à la réception de l'alerte radio (aurait permis de limiter la casse, sans peut-être éviter la chute du bogie d'essieu – Fiche 105 du *memento*)
363,55	5h05	Gare de Villeneuve-sur-Yonne – pas de signalement (126,96)
364,59	5h06	Déraillement du second essieu et fuite CG Le conducteur AdC ressent une résistance à l'avancement et observe une fuite CG – Il déclenche les SAR et SAL et commande l'arrêt de son train. Il demande de protection à AC de Sens et immobilise son train en ligne
368,44	5h07	Arrêt du train en ligne sur la voie 1bis au Pk 131,850 (avec engagement de la voie 1) – *memento* fiches 102-447-010-460-462
	5h15	AdC sur piste pour visite de son train – descente de cabine, immobilisation du train, visite du train par la piste (côté gauche dans le sens de circulation) pour aller en queue du train et « pour voir si le train est complet » – constat que le 3e wagon de queue déraillé avec un déplacement de la caisse vers la voie contiguë.
	5h35	Le conducteur informe le régulateur du déraillement du 29e wagon transportant des MD – wagon déraillé n° 33 87 4549 131-0 Le conducteur informe le gestionnaire de moyen et demande astreinte sur place
		Demandes de AC et Régulateur de restituer la fermeture de la voie 1 – Refus du conducteur du fait du possible engagement du gabarit- « c'est l'astreinte qui décidera »
	5h50	Arrivée du coordinateur
	6h35	Arrivée astreinte sur place
	6h55	Restitution des fermetures de voie sur les voies 2 et 2bis

Annexe 3 : Documents relatifs à la révision de l'essieu sinistré

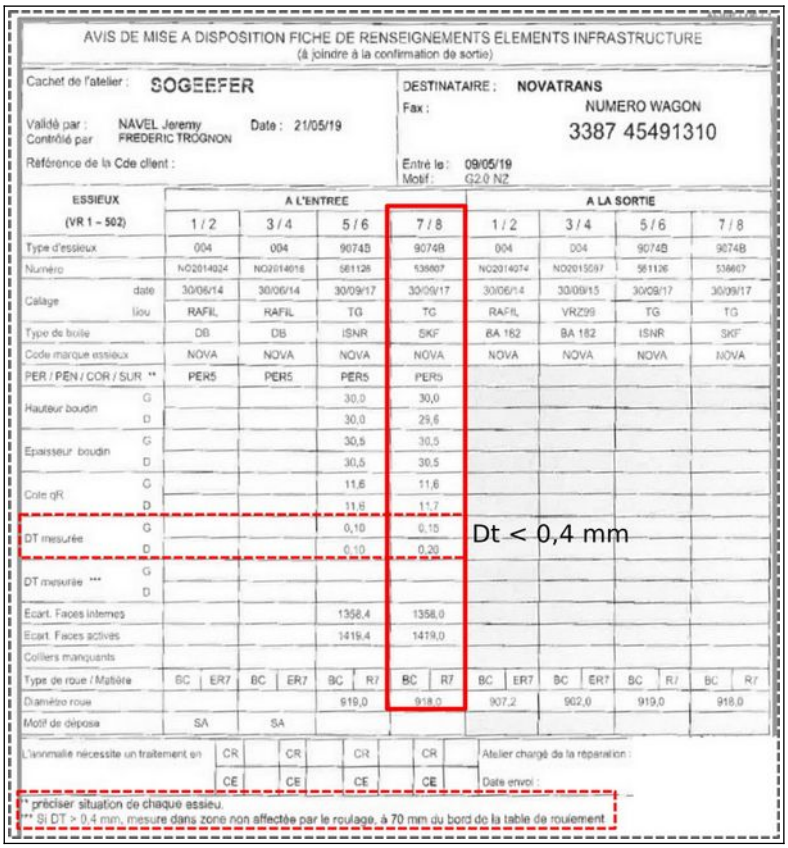
Mise en place de l'essieu 536 607 en position 7/8 par COSMEF – 30/11/2017



COSMEF	SCHEDA DI CONTROLLO IN PRODUZIONE					SP 325	rev. 2	Pag. 1 di 2
Oggetto:	Sale in opera / Smontaggio sale carri							
Carro N°	33874549137-0			Proprietà	NOVATRANS		PRC N	
Sale in opera all'ingresso								
	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Sala 6	Sala 7	Sala 8
Data Controllo	30-11-17	30-11-17	30-11-17	30-11-17				
Esito								
Codice								
Matricola	NO2014024	NO2014016	NO2015108	NO2015100				
Tipo sala	004	004	004	004				
Tipo boccola	U	U	U	U				
Portata sala	23,5T	23,5T	23,5T	23,5T				
Costruttore								
Ultima rev								
Data ultima rev	06-14	06-14	09-15	09-15				
Impianto ultima rev	RAFIL	RAFIL	VRZ99	VRZ99				
Motivo scarto			TZ	TZ				
Sale in uscita se sostituite								
	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Sala 6	Sala 7	Sala 8
Data montaggio			30-11-17	30-11-17				
Codice				536607				
Matricola			561426	564486				
Tipo sala			90748	90748				
Tipo boccola			ISNR	SKF				
Portata sala			22,5	22T5				
Costruttore								
Ultima rev								
Data ultima rev			09-17	09-17				
mpianto ultima rev			TG	TG				
Diametro			923,8	923,8				

Figure 54 : Bordereau de mesures des essieux 5/6 et 7/8 à leur mise en place par l'atelier de COSMEF

Révision périodique G2 N2 - Atelier SOGEEFER – 25/05/2019



AVIS DE MISE A DISPOSITION FICHE DE RENSEIGNEMENTS ELEMENTS INFRASTRUCTURE
(à joindre à la confirmation de sortie)

Cachet de l'atelier : SOGEEFER
Validé par : NAVEL Jeremy
Contrôlé par FREDERIC TROGNON
Date : 21/05/19
Référence de la Cde client :

DESTINATAIRE : NOVATRANS
Fax :
NUMERO WAGON 3387 45491310
Entré le : 09/05/19
Motif : G2.0 N2

ESSIEUX (VR 1 – 502)		A L'ENTREE 1/2	3/4	5/6	7/8	A LA SORTIE 1/2	3/4	5/6	7/8
Type d'essieux		004	004	9074B	9074B	004	004	9074B	9074B
Numéro		NO2014024	NO2014016	561126	536607	NO2014074	NO2015097	561126	536607
Calage	date	30/06/14	30/06/14	30/09/17	30/09/17	30/06/14	30/09/15	30/09/17	30/09/17
	lieu	RAFIL	RAFIL	TG	TG	RAFIL	VRZ99	TG	TG
Type de boîte		DB	DB	ISNR	SKF	BA 182	BA 182	ISNR	SKF
Code marque essieux		NOVA	NOVA	NOVA	NOVA	NOVA	NOVA	NOVA	NOVA
PER / PEN / COR / SUR **		PER5	PER5	PER5	PER5				
Hauteur boudin	G			30,0	30,0				
	D			30,0	29,6				
Epaisseur boudin	G			30,5	30,5				
	D			30,5	30,5				
Cote qR	G			11,6	11,6				
	D			11,6	11,7				
DT mesurée	G			0,10	0,15				
	D			0,10	0,20				
DT mesurée ***	G								
	D								
Ecart. Faces internes				1358,4	1358,0				
Ecart. Faces actives				1419,4	1419,0				
Colliers manquants									
Type de roue / Matière		BC ER7	BC ER7	BC R7	BC R7	BC ER7	BC ER7	BC R/	BC R/
Diamètre roue				919,0	918,0	907,2	902,0	919,0	918,0
Motif de dépose		SA	SA						

Dt < 0,4 mm

L'anomalie nécessite un traitement en CR CR CR CR CE CE CE CE
Atelier chargé de la réparation :
Date envoi :

* préciser situation de chaque essieu.
** Si DT > 0,4 mm, mesure dans zone non affectée par le roulage, à 70 mm du bord de la table de roulement

Figure 55 : Bordereau de mesures G2.0 N2 dans l'atelier de SOGEEFER

Annexe 4 : Textes réglementaires traitant des seuils des DBC

L’arrêté du 5 juin 2000, relatif aux règles techniques et de maintenance applicables aux matériels roulants circulant sur le réseau national ; le point 4.2.1 de son annexe, relatif au fonctionnement des détecteurs de boîtes chaudes précise que « Les températures de fonctionnement des boîtes doivent être cohérentes avec les seuils de détection et d’alerte des DBC selon SAM R301 ».

La SAM R301 (connu également sous la désignation de l'OP09936) qui définissait les températures de fonctionnement des boîtes d’essieux pour les spécifications d’admission du matériel roulant a été abrogée. Il n’existe donc plus de référentiel officiel définissant les niveaux d’alarmes. Les valeurs de seuils ont été retenus conformément à la SAM R301.

La norme EN 15437-1 traitant des exigences minimales de l’interface entre les détecteurs de boîtes chaudes et le matériel roulant ; son paragraphe 7.2 relatif aux alarmes de températures DBC, précise que « différents niveaux d’alarme de températures ont été définis en retour de l’expérience et des connaissances des types spécifiques de matériel roulant, des conditions climatiques, de la topographie et des architectures algorithmes des systèmes de DBC, tel que le calcul et la pertinence de la température ambiante ». En effet, les seuils d’alarmes des DBC doivent être adaptés et adaptables à l’élévation de la température de fonctionnement des boîtes d’essieu.

L’élévation de la température de fonctionnement des boîtes d’essieu est favorisée par l’utilisation des roulements avec de nouveaux matériaux et par l’augmentation du kilométrage moyen à dépose des essieux par des opérations de maintenance (apport de graisse). Les différents paramètres utilisés dans la fixation des seuils permettent au système DBC-DFS de s’adapter à l’évolution du matériel roulant.

Annexe 5 : Alarmes DBC de Bobigny et de Moret

DBC de Bobigny.

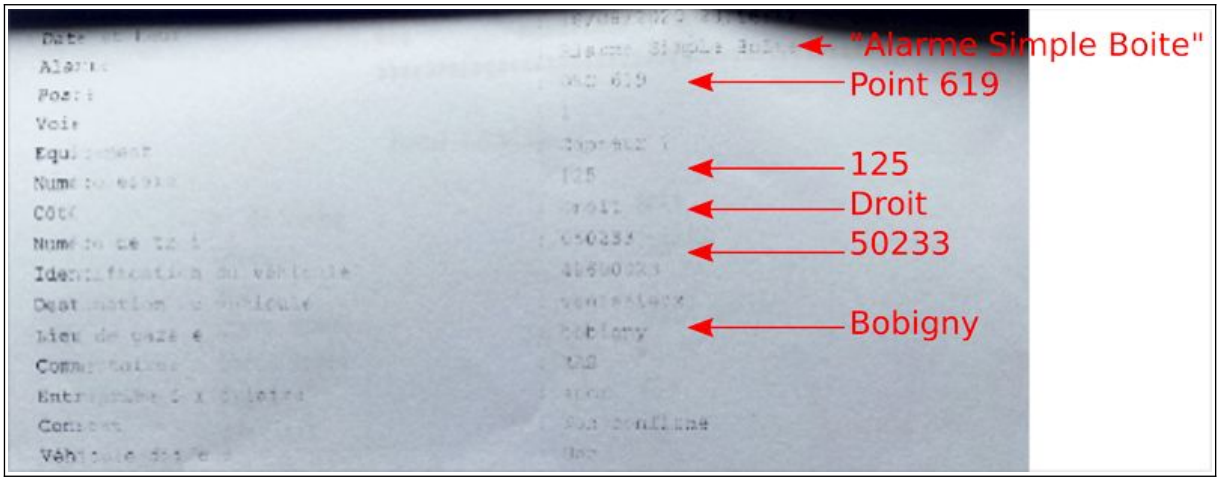


Figure 56 : Alarme simple boîte - détail de l'impression à usage de l'AC de Bobigny

DBC de Moret

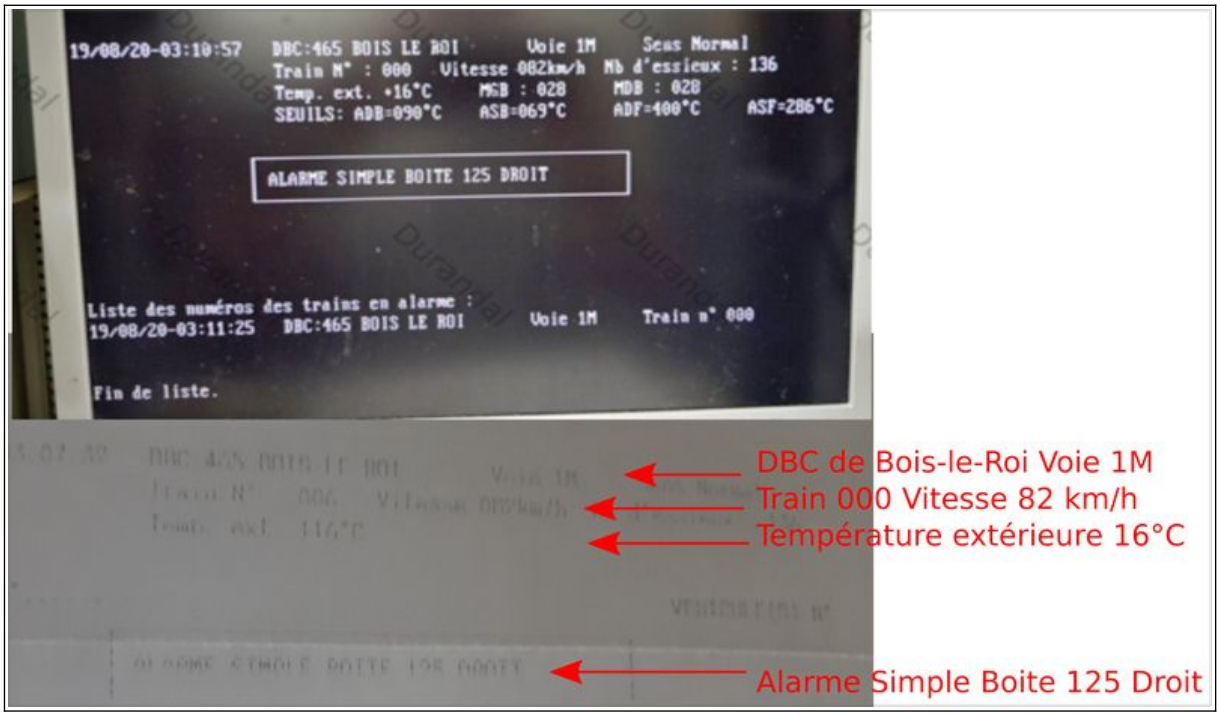
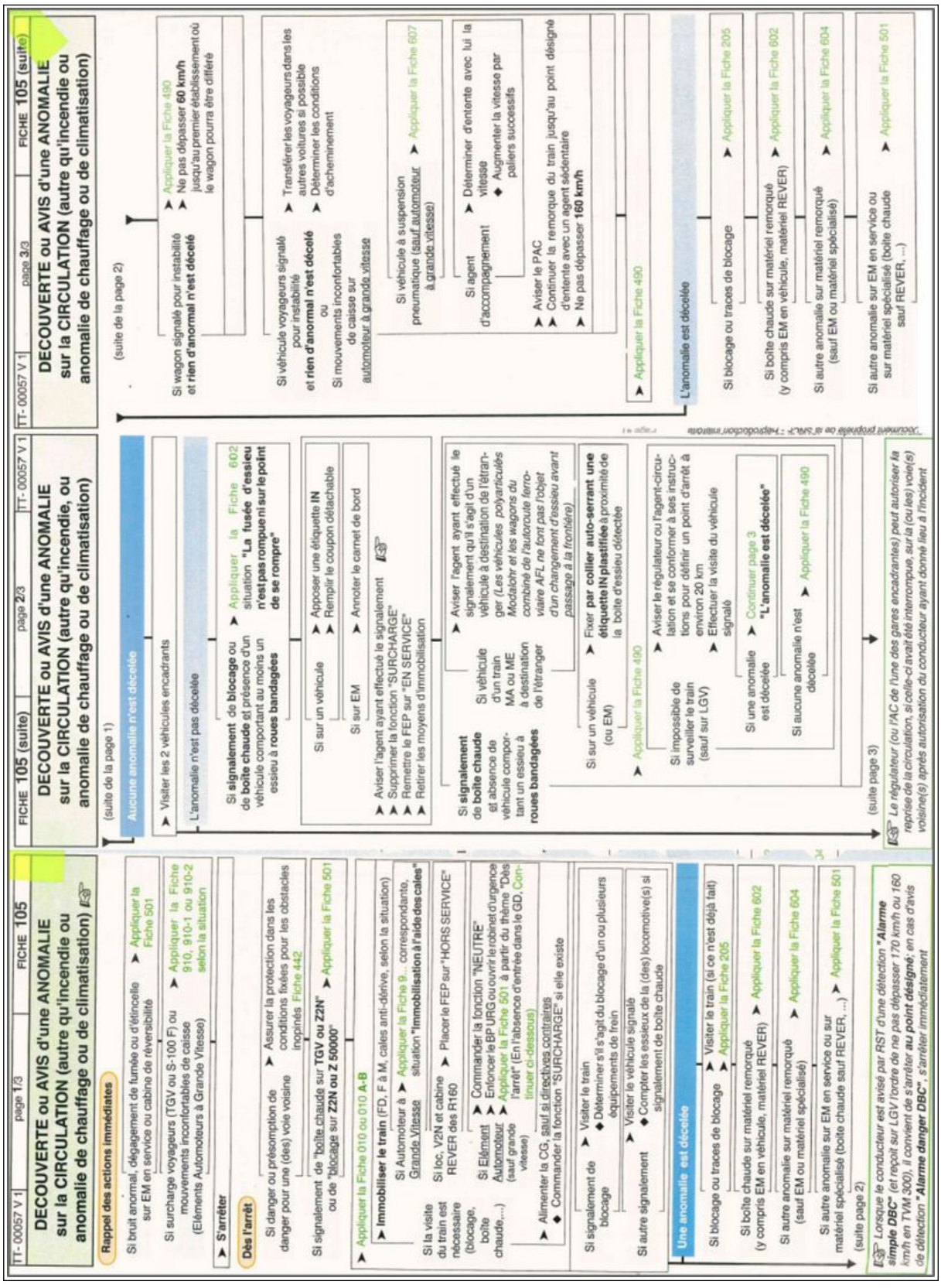


Figure 57 : Alarme simple boîte - détail de l'impression à usage de l'AC de Bobigny

Annexe 6 : Fiche 105 du *memento* du conducteur de ligne

Feuilles 1 à 3 mises côte à côte



Règlement général de protection des données

Le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) est investi d'une mission de service public dont la finalité est la réalisation de rapports sur les accidents afin d'améliorer la sécurité des transports terrestres (articles L. 1621-1 et 1621-2 du code des transports, voir la page de présentation de l'organisme).

Pour remplir cette mission, les personnes chargées de l'enquête, agents du BEA-TT habilités ainsi que d'éventuels enquêteurs extérieurs spécialement commissionnés, peuvent rencontrer toute personne impliquée dans un accident de transport terrestre (articles L. 1621-14) et recueillir toute donnée utile.

Ils traitent alors les données recueillies dans le cadre de l'enquête dont ils ont la responsabilité uniquement pour la seule finalité prédéfinie en garantissant la confidentialité des données à caractère personnel. Les rapports d'enquêtes sont publiés sans le nom des personnes et ne font état que des informations nécessaires à la détermination des circonstances et des causes de l'accident. Les données personnelles sont conservées pour une durée de 4 années à compter de la publication du rapport d'enquête, elles sont ensuite détruites.

Le traitement « Enquête accident BEA-TT » est mis en œuvre sous la responsabilité du BEA-TT relevant du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires (MTECT). Le MTECT s'engage à ce que les traitements de données à caractère personnel dont il est le responsable de traitement soient mis en œuvre conformément au règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (ci-après, « *règlement général sur la protection des données* » ou RGPD) et à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés.

Les personnes concernées par le traitement, conformément à la législation en vigueur, peuvent exercer leurs droits auprès du responsable de traitement : **droit d'accès aux données, droit de rectification, droit à la limitation, droit d'opposition.**

Pour toute information ou exercice de vos droits, vous pouvez contacter :

1- Le responsable de traitement, qui peut être contacté à l'adresse suivante :

- à l'adresse : **bea-tt@developpement-durable.gouv.fr**
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires
A l'attention du directeur du BEA-TT
Grande Arche - Paroi Sud, 29e étage, 92055 LA DEFENSE Cedex

2- Le délégué à la protection des données (DPD) du MTECT :

- à l'adresse suivante **: dpd.daj.sg@developpement-durable.gouv.fr** ;
- ou par courrier (avec copie de votre pièce d'identité en cas d'exercice de vos droits) à l'adresse suivante :

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

A l'attention du Délégué à la protection des données
SG/DAJ/AJAG1-2
92055 La Défense cedex

Vous avez également la possibilité d'adresser une réclamation relative aux traitements mis en œuvre à la Commission nationale informatique et libertés (3 Place de Fontenoy – TSA 80715 – 75334 PARIS CEDEX 07).

Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex
Téléphone : 01 40 81 21 83
bea-tt@developpement-durable.gouv.fr
www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr