



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Rapport final

du Service suisse

d'enquête de sécurité SESE

sur le déraillement d'un train voya-
geurs

du 26 juillet 2016

aux Brenets (NE)

N° reg. 2016072601

Remarque générale concernant ce rapport

Le présent rapport a été exclusivement établi dans le but de prévenir les accidents et les incidents graves survenant lors de l'exploitation de chemins de fer, d'installations de transport à câble et de bateaux. Selon l'article 15 de la loi fédérale sur les chemins de fer (LCdF, RS 742.101) l'appréciation juridique des circonstances et des causes ne fait pas l'objet de la présente enquête.

Ce rapport ne vise donc nullement à établir des responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

Table des matières

Résumé	5
Aperçu	5
Enquête	5
Présentation succincte	5
Cause	6
Recommandation de sécurité et avis de sécurité	6
1. Faits établis.....	8
1.1 Lieu de l'évènement	8
1.2 Situation avant l'évènement	9
1.3 Déroulement de l'évènement.....	9
1.4 Dommages.....	10
1.4.1 Personnes.....	10
1.4.2 Infrastructure	10
1.4.3 Véhicule	10
1.4.4 Environnement	10
1.5 Personnes impliquées et concernées.....	10
1.5.1 Personnel ferroviaire	10
1.5.2 Mécanicien train 6	10
1.5.3 Passager	10
1.6 Entreprises concernées.....	11
1.6.1 Infrastructure	11
1.6.2 Entreprise de transport.....	11
1.6.3 Propriétaire du véhicule.....	11
1.7 Infrastructure.....	11
1.7.1 Installations ferroviaires.....	11
1.7.2 Description	11
1.7.3 Constatations	11
1.8 Véhicules	11
1.8.1 Train 6.....	11
1.8.2 Automotrice BDe 4/4 n° 5, bogies et essieux.....	11
1.8.3 Axe d'essieu des bogies.....	12
1.9 Tachygraphe	13
1.10 Examens particuliers.....	13
1.10.1 Historique des entreprises exploitant la ligne Locle - Les Brenets	13
1.10.2 Système de management de la sécurité.....	13
1.10.3 Expertise métallurgique	13
1.11 Règlementation	14
2. Analyse.....	15

2.1	Aspects techniques	15
2.2	Aspects d'exploitation.....	15
2.3	Système de management de la sécurité, commande de pièces de rechange	15
3.	Conclusions	16
3.1	Faits établis.....	16
3.1.1	Aspects techniques	16
3.1.2	Aspects organisationnels.....	16
3.1.3	Système de management de la sécurité.....	16
3.2	Cause	17
4.	Recommandation de sécurité, avis de sécurité et mesures prises après l'accident	18
4.1	Recommandation de sécurité.....	18
4.1.1	Recommandation de sécurité du rapport intermédiaire.....	18
4.1.2	Recommandation de sécurité découlant du présent rapport.....	19
4.2	Avis de sécurité.....	19
4.3	Mesures prises depuis l'accident.....	19

Résumé

Aperçu

Moyen de transport	Chemin de fer
Entreprises impliquées	
Entreprise de transport	Transports Publics Neuchâtelois SA, La Chaux-de-Fonds
Gestionnaire d'infrastructure	Transports Publics Neuchâtelois SA, La Chaux-de-Fonds
Véhicule impliqué	Automotrice à voie métrique BDe 4/4 n° 5
Lieu	Les Brenets (NE)
Date et heure	26 juillet 2016, 7h22

Enquête

L'accident s'est produit le 26 juillet 2016 vers 7h22. L'annonce a été transmise au SESE le 26 juillet 2016 à 8h44. Le SESE s'est immédiatement rendu sur place et a ouvert une enquête.

Le 28 juillet 2016, le SESE a examiné la caisse de l'automotrice BDe 4/4 n° 5 et le bogie n° 4007 au dépôt des Brenets.

Le 25 août 2016, le SESE a assisté au démontage du bogie n° 4007 à l'atelier TransN des Ponts-de-Martel puis tenu une réunion avec les responsables TransN. L'axe défectueux a ensuite été soumis à une expertise métallurgique auprès de l'entreprise Qualitech SA.

Le 28 septembre 2016, le SESE a discuté les résultats de l'analyse métallurgique avec l'expert métallurgiste.

Le 7 octobre 2016, le SESE a émis un rapport intermédiaire.

L'enquête se base sur les éléments et les documents suivants :

- les constatations faites sur le lieu de l'évènement ;
- les données tachygraphiques ;
- les dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer DE-OCF ;
- divers dessins de l'essieu ;
- le mandat de commande TRN SA daté de 2002 aux Ateliers Clément pour l'usinage des essieux
- expertise métallurgique Qualitech ;
- le système de management de la sécurité (SMI) de TransN.

Présentation succincte

Le mardi 26 juillet 2016 à 7h22, le train 6 Le Locle - Les Brenets, formé de l'automotrice BDe 4/4 n° 5, a déraillé en pleine voie, au point kilométrique 2.100, des suites de la rupture de l'axe du premier essieu dans le sens de marche. Personne n'a été blessé lors du déraillement. A part la rupture d'essieu, les dégâts à l'automotrice et à l'infrastructure ont été minimes.

Cause

Le déraillement de l'automotrice BDe 4/4 n° 5 est dû à la rupture de l'essieu 4, essieu avant dans le sens de marche du train 6.

Ont contribué à la rupture de l'essieu :

- la disposition inadéquate de la rainure de clavette sur l'axe d'essieu ;
- les angles vifs présents à l'intersection de la rainure de clavette et du congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue ;
- l'état de surface grossier de l'usinage de la rainure de clavette ;
- l'absence d'un rayon défini entre la base et les flancs de la rainure de clavette.

Recommandation de sécurité et avis de sécurité

Avec le rapport intermédiaire, remis le 7 octobre 2016 à l'Office fédéral des transports (OFT), une recommandation de sécurité a été émise.

Avec le présent rapport, deux autres recommandations de sécurité sont émises.

Glossaire

A. Yv. :	Ateliers principaux CFF d'Yverdon
RdB :	Chemin de fer Régional des Brenets, prédécesseur de la société CMN
CMN :	Chemin de fer des Montagnes Neuchâtelaise, prédécesseur de la société TRN SA
TPF:	Transports publics fribourgeois
TRN SA :	Société des Transports Régionaux Neuchâtelois, prédécesseur de la société TransN
TransN :	Transports Publics Neuchâtelois SA
LCdF :	Loi fédérale sur les chemins de fer RS 742.101
OCF:	Ordonnance sur les chemins de fer RS 742.141.1
DE-OCF :	Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer RS 742.141.11
OEIT :	Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports RS 742.161
OFT :	Office fédéral des transports
Qualitech SA :	Entreprise mandatée par le SESE pour l'analyse métallurgique de l'essieu cassé

1. Faits établis

1.1 Lieu de l'évènement

L'automotrice BDe 4/4 n°5 a déraillé en pleine voie, au point kilométrique 2.100.

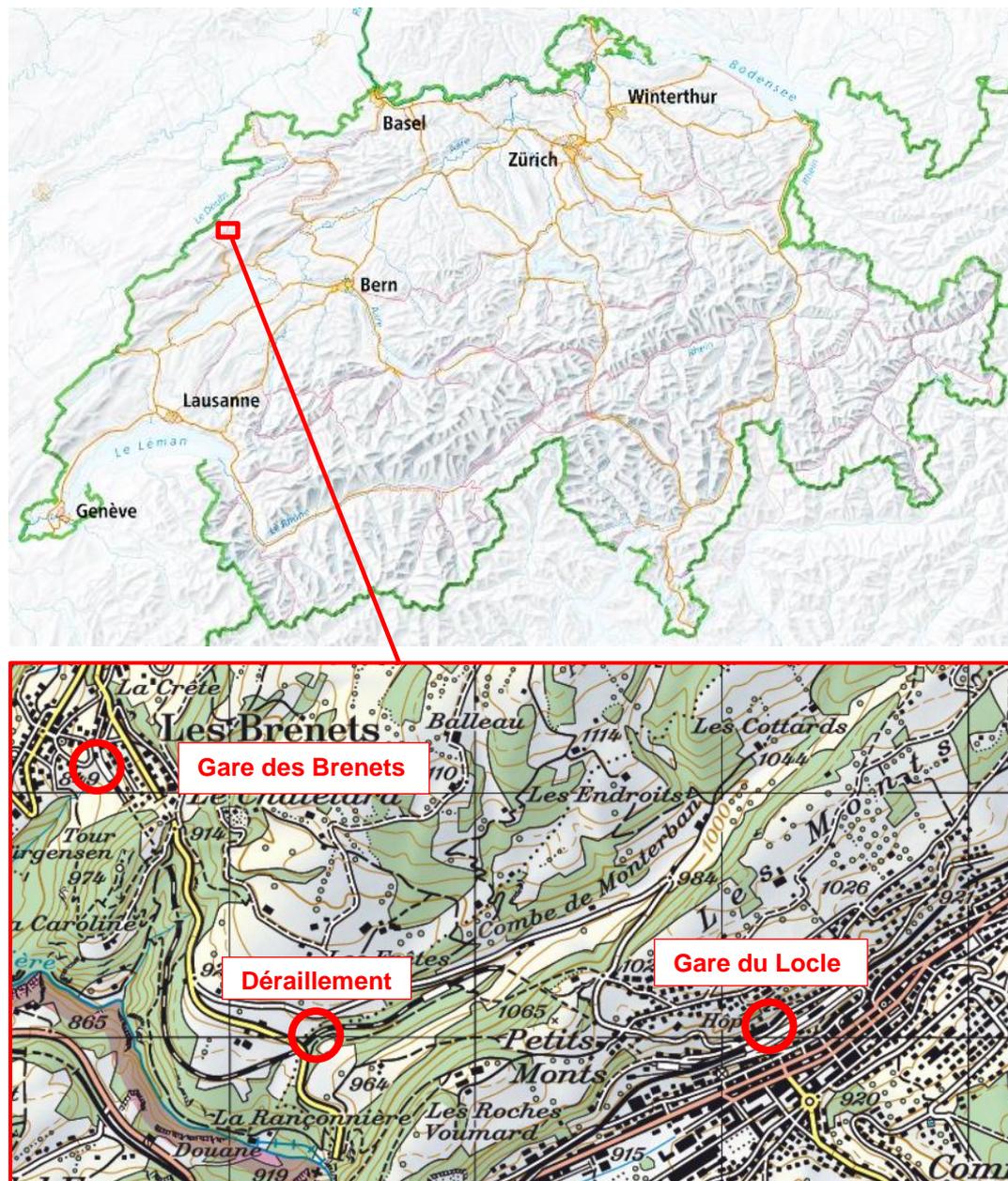


Illustration 1: lieu du déraillement ; carte reproduite avec l'autorisation de l'Office fédéral de topographie Swisstopo (JA150149).

1.2 Situation avant l'évènement

L'automotrice BDe 4/4 n°5 est disposée avec la cabine 1 côté Le Locle. Les essieux 1 à 4 sont déterminés à partir de la cabine 1.

Le lundi 25 juillet 2016, à la prise du service, l'automotrice BDe 4/4 n°5 fonctionnait normalement (pas de vibrations, automotrice desservie depuis la cabine 1). Dès la course n°2 (trajet de retour) le mécanicien (le même qui conduisait le train le jour de l'évènement) a constaté des vibrations depuis la cabine 2. Le mécanicien a annoncé cette anomalie au responsable de la maintenance vers 7h 30. Ce dernier a accompagné le train 8, Le Locle, départ 08h14, jusqu'aux Brenets où l'automotrice a été retirée du service. Lors du contrôle de l'automotrice, seul un léger voilage de la roue droite de l'essieu 4 (sous la cabine 2) a été constaté. L'automotrice a été remise en service le mardi 26 juillet 2016 dès la prise de service pour le premier train.

1.3 Déroulement de l'évènement

Le 26 juillet 2016, au départ du premier train, trajet Les Brenets - le Locle, la cabine 1 était desservie. Le mécanicien n'a ressenti aucune vibration anormale pendant ce trajet.

Au départ du train 6 du Locle vers 7h18, la cabine de conduite 2 était desservie. Un seul passager était dans le train. Dès la mise en mouvement du train, des vibrations se sont fait ressentir. Peu avant la halte Le Chalet, soit environ 500 m après le départ du Locle, le mécanicien a ressenti un freinage, comme s'il avait été provoqué par le robinet de mécanicien. Le mécanicien a effectué l'arrêt de la halte Le Chalet à 7h20. Lorsque qu'il a remis le train en mouvement, il a constaté que quelque chose "serrait", comme si un bogie restait freiné. Il a immobilisé son train et a appelé à 7h22, par téléphone portable la maintenance (laissé un message sur le combox) puis a appelé la personne compétente de l'atelier des Ponts-de-Martel qui lui a dit de poursuivre sa marche jusqu'aux Brenets. Le mécanicien a remis le train en mouvement et franchi le tunnel, situé peu après la halte, à la vitesse réduite de 10 km/h. Dès la sortie du tunnel, il a accéléré son train à environ 20 à 25 km/h. Arrivé au lieu-dit "le Pont-route" point kilométrique 2.100, l'automotrice s'est affaissée et s'est arrêtée. Le mécanicien a alors constaté que l'essieu avant dans le sens de marche (essieu 4) avait déraillé.



Illustration 2 : photo du déraillement, point kilométrique 2.100.

1.4 Dommages

1.4.1 Personnes

Personne n'a été blessé.

1.4.2 Infrastructure

Quelques traverses en bois ont été endommagées par l'essieu déraillé.

1.4.3 Véhicule

Légers dégâts au carter d'engrenage et au dispositif des graisseurs de boudins de l'essieu 4. L'axe de l'essieu s'est rompu entre la roue et la couronne dentée d'entraînement, juste au droit de cette dernière.



Illustration 3 : photo de la rupture d'essieu.

1.4.4 Environnement

L'environnement n'a subi aucun dommage.

1.5 Personnes impliquées et concernées

1.5.1 Personnel ferroviaire

1.5.2 Mécanicien train 6

Mécanicien TransN, année 1954

Licence OFT, catégorie B60

1.5.3 Passager

Un seul voyageur était dans le train au moment du déraillement.

1.6 Entreprises concernées**1.6.1 Infrastructure**

Transports Publics Neuchâtelois SA, La Chaux-de-Fonds

1.6.2 Entreprise de transport

Transports Publics Neuchâtelois SA, La Chaux-de-Fonds

1.6.3 Propriétaire du véhicule

Transports Publics Neuchâtelois SA, La Chaux-de-Fonds

1.7 Infrastructure**1.7.1 Installations ferroviaires****1.7.2 Description**

La ligne à voie métrique Le Locle - Les Brenets est une ligne à simple voie, sans système de block, d'une longueur totale de 4,2 km. Le point kilométrique "0" est situé à la gare du Locle. Les automotrices BDe 4/4 n° 3 et 5 assurent en alternance la desserte de la ligne. Une seule automotrice suffit pour effectuer toutes les prestations de la journée. Ces automotrices sont engagées à tour de rôle selon une rotation hebdomadaire. La vitesse de ligne autorisée est de 55 km/h, respectivement 45 km/h depuis le point kilométrique 2.058.

1.7.3 Constatations

Pas de constatations particulières concernant l'infrastructure ferroviaire.

1.8 Véhicules**1.8.1 Train 6**

Le train 6 Le Locle - Les Brenets était constitué de l'automotrice BDe 4/4 n° 5.

1.8.2 Automotrice BDe 4/4 n° 5, bogies et essieux**1.8.2.1 Caractéristiques de l'automotrice**

Longueur :	16.64 m
Poids :	23.5 t
Puissance :	452 ch
Vitesse maximum :	60 km/h
Nombre de place assises :	41
Année de mise en service :	1950
Dernière révision R3 de l'automotrice :	19.10.2005
Date du montage du bogie n° N° 4007 (bogie déraillé) :	02.07.2015

Parcours de l'automotrice depuis le montage du bogie n° 4007 : 31 519 km

1.8.2.2 Système de sécurité de l'automotrice

L'évènement est totalement indépendant du fonctionnement des systèmes de sécurité de l'automotrice.

1.8.2.3 Traçabilité de l'essieu cassé

L'axe d'essieu a été usiné en mars 2002 par les Ateliers Clément SA, Fribourg. Il a été stocké jusqu'à son montage en mars 2007 dans le bogie n° 4007. Ce bogie a été stocké jusqu'à son montage, le 2 juillet 2015, sous l'automotrice BDe 4/4 n° 5. Depuis, ce bogie a parcouru 31 519 km.

1.8.3 Axe d'essieu des bogies

Sur les essieux de réserve TransN, le SESE a constaté deux variantes d'usinage d'axe d'essieu. Sur une variante, la rainure de la clavette de la roue dentée se termine quelques millimètres avant le début du congé¹ de rayon 12 millimètres entre la portée de la couronne dentée et la portée du corps de roue. Cette variante correspond au dessin "tpf 100310 Essieu TRN CMN". Sur l'autre variante, la rainure de clavette engage le congé de rayon 12 millimètres et crée deux angles vifs sur ce congé (annexe1, illustrations 4 et 5). La matière de l'axe d'essieu est de l'acier 34CrNiMo6.

1.8.3.1 Nombre d'essieux en service

Ce type d'essieu équipe à la fois les automotrices BDe 4/4 n° 2 à 5, les voitures de commande Bt n° 11 et 12, et un bogie moteur de réserve.

1.8.3.2 Dessins des axes d'essieux

Il existe plusieurs dessins pour ces axes d'essieu :

- dessin BBC L-748430 du 20.01.1948 (Einbauzeichnung GDTM 1302) ;
- dessin A. Yv. 311.00.017.1 du 05.11.74 ;
- dessin tpf 100310 du 10.03 2010.

Le dessin BBC L-748430 de 1948 est un dessin d'ensemble du montage du moteur de traction GDTM 1302. Sur ce dessin, la portée du corps de roue mesure 120 mm de diamètre. La portée de la couronne dentée mesure également 120 mm de diamètre. Ainsi, aucun congé de raccordement n'est réalisé entre les deux portées.

Le dessin A. Yv. 311.00.017.1 de 1974 est cité en référence sur la commande d'axes d'essieu passée par les TRN SA en 2002 aux Ateliers Clément SA. Sur ce dessin, la portée du corps de roue a un diamètre de 125 millimètres et la portée de la couronne dentée un diamètre de 120 millimètres. Le rayon du congé reliant les deux portées est de 8 millimètres. L'extrémité de la rainure de clavetage est cotée à 4 millimètres de la portée du corps de roue et engage ainsi le congé sur une distance de 4 millimètres environ.

Sur le dessin tpf 100310 de 2010, la portée du corps de roue a un diamètre de 128 millimètres et la portée de la couronne dentée 120 millimètres de diamètre. Le rayon du congé reliant les deux portées est de 12 millimètres. La distance entre l'extrémité de la rainure de clavette et le début du congé reliant la portée de la couronne dentée et celle du corps de roue est de 2 millimètres.

¹ congé : raccord sans angles vifs entre deux portées de diamètres différents

1.9 Tachygraphe

Le disque tachygraphique de l'automotrice BDe 4/4 n° 5 démontre que les derniers 800 m ont été parcouru à la vitesse réduite de 25 km/h.

1.10 Examens particuliers

1.10.1 Historique des entreprises exploitant la ligne Locle - Les Brenets

Les entreprises suivantes ont successivement été en charge de l'exploitation de la ligne :

- 1890 - 1947 : Chemin de fer Régional des Brenets (RdB) ;
- 1947 - 1999 : Chemins de fer des Montagnes Neuchâtelaises (CMN) ;
- 1999 - 2012 : Société des Transports Régionaux Neuchâtelais (TRN SA) ;
- Dès 2012 : Transports Publics Neuchâtelais SA (TransN).

1.10.2 Système de management de la sécurité

TransN dispose depuis mai 2015 d'un système de management intégré (SMI). Le SMI comprend le management de la qualité, le management de la sécurité et le management des risques.

Le chapitre 3 "Organisation de gestion" précise au chiffre 3.3 les tâches, responsabilités et compétences des directions. La direction technique est, entre autre, *"responsable de la veille légale, normative et technique de son département, ainsi que de sa mise œuvre"*. Ce chapitre n'aborde pas le thème de la gestion de l'obsolescence des pièces de sécurité.

Le chapitre 11 "amélioration continue" du SMI traite en particulier les questions de non-conformités et actions correctives.

En 2002, lors de la commande des essieux pour les automotrices BDe 4/4, l'ancienne compagnie TRN SA ne disposait pas d'un système de management de la sécurité.

1.10.3 Expertise métallurgique

Afin de déterminer les causes de la rupture de l'axe d'essieu, le SESE a soumis l'essieu à une expertise métallurgique.

Cette analyse fait ressortir les éléments suivants :

- la qualité de la matière de l'axe fourni correspond au certificat établi par le fournisseur de l'axe ;
- à l'endroit de la rupture, la matière est homogène ;
- le départ de la rupture se situe au niveau de la rainure de clavette. Trois fissures partent de cet endroit et se développent en direction du centre de l'axe (annexe 2, illustration 6) ;
- avant la rupture qui a conduit au déraillement, environ les quatre-cinquième de la section de l'axe étaient déjà fissurés (annexe 2, illustration 6) ;
- la rupture est une rupture dite de fatigue ;
- la rainure de clavette engage le congé entre la portée de la couronne dentée et la portée du corps de roue et crée à cet endroit des angles vifs propices à la formation de fissures ;
- aucun rayon n'est défini entre la base et les flancs de la rainure de clavette (annexe 3, illustration 7) ;

- les surfaces de la rainure de clavette sont globalement grossièrement usinées (annexe 3, illustration 7).

1.11 Règlements

A la fin des années 1940, lorsque les automotrices BDe 4/4 RdB ont été construites, il n'existait pas de règlements spécifiques pour l'usinage des axes d'essieu.

Actuellement, les essieux doivent être homologués conformément à la directive "Homologation des véhicules ferroviaires"² de l'OFT. A cet effet, un calcul de résistance de l'axe selon la directive FKM³ "Calcul de résistance pour pièces mécaniques" doit être présenté à l'OFT.

² Lien vers le site OFT: www.bav.admin.ch/bav/fr/home/modes-de-transport/chemins-de-fer/homologation-des-vehicules-ferroviaires.html

³ FKM: Richtlinie für den rechnerischen Festigkeitsnachweis

2. Analyse

2.1 Aspects techniques

Sur un certain nombre d'essieux, la rainure de clavette de l'axe d'essieu engage le congé entre la portée de la couronne d'entraînement et la portée du corps de roue. A l'intersection de la rainure et du congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue apparaissent ainsi des angles vifs propices à la formation de fissures. Cette disposition de rainure de clavette est inadéquate. Indépendamment du dimensionnement général de l'essieu, il est impératif qu'un axe d'essieu soit totalement dépourvu d'angle vifs et de rayures d'usinage.

L'analyse de la rupture de l'axe d'essieu a fait apparaître les défauts d'usinage suivants :

- angles vifs à l'intersection de la rainure de clavette avec le congé de l'axe ;
- usinage grossier de la base et des flancs de la rainure de clavette ;
- absence de rayon défini entre la base et les flancs de la rainure de clavette.

Ces défauts sont la cause de la rupture de l'essieu.

Au moment de la rupture de l'essieu, seul un cinquième de la section de l'axe tenait encore. Ceci démontre qu'en service, l'axe n'était pas soumis à de fortes sollicitations.

2.2 Aspects d'exploitation

La décision prise par le mécanicien de réduire la vitesse du train, suite aux vibrations ressenties dans la cabine de conduite, était judicieuse et a limité les dégâts à l'infrastructure ferroviaire et au matériel roulant au moment du déraillement.

2.3 Système de management de la sécurité, commande de pièces de rechange

Lors de la commande des essieux de réserve aux Ateliers Cléments SA en 2002, les questions concernant la position et la qualité d'usinage de la rainure de clavette n'ont pas fait l'objet d'une attention particulière. La matière de l'essieu n'a pas été spécifiée lors de la commande. Le matériel livré avec certificat de matière est de qualité 34CrNiMo6. Ce type d'acier est agréé pour la fabrication d'axes d'essieu. Plusieurs versions de dessins existaient. Vraisemblablement, les risques de fissures initiées par des angles vifs lors de l'usinage d'un axe d'essieu n'étaient pas connus des mandants. Lors de la commande des essieux en 2002, l'ancienne compagnie TRN SA ne disposait pas d'un système de management de la sécurité.

Lorsque le fournisseur initial d'un composant homologué touchant un organe sécuritaire, tels que les organes de roulement ou les freins, n'est plus en mesure de livrer un composant de remplacement, et que ce dernier doit être commandé auprès d'un autre fournisseur, les spécifications techniques d'origine doivent être respectées, sinon elles doivent faire l'objet d'une vérification technique avant commande, conformément à l'article 2 de l'OCF.

Le système de management de la sécurité mis en place par l'entreprise en 2015, ne traite pas du management de l'obsolescence des organes de sécurité.

3. Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- Il existe deux variantes d'axes d'essieu :
 - une variante avec la rainure de clavette séparée du congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue ;
 - une variante avec la rainure de clavette qui engage le congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue. L'axe rompu est issu de cette variante.
- L'axe d'essieu s'est rompu entre la roue et la couronne d'entraînement, juste au droit de cette dernière.
- L'axe présente trois fissures distinctes qui partent de la rainure de clavette et se dirigent vers le centre de l'axe.
- La matière de l'axe est conforme aux spécifications pour ce type d'essieu.
- A l'endroit de la rupture, la matière de l'axe est homogène.
- Avant la rupture, quatre- cinquième de de la section de l'axe était fissurée.
- L'usinage de la rainure de clavette est globalement grossier.
- Entre la base et les flancs de la rainure de clavette il n'y a pas de rayon de raccordement défini.
- L'essieu a été monté en mars 2007 sous l'automotrice BDe 4/4 n° 5 et n'a parcouru que 31 519 km jusqu'à sa rupture.

3.1.2 Aspects organisationnels

- Sur le dessin remis lors de la commande des axes en 2002, la rainure de clavette engage le congé entre la portée de la couronne d'entraînement et la portée du corps de roue. La qualité d'usinage de la rainure n'est pas indiquée sur le dessin.
- Au moment du déraillement, le train 6 circulait à une vitesse de 25 km/h au lieu des 55 km/h autorisés.

3.1.3 Système de management de la sécurité

- Le système de management intégré mis en place en mai 2015 par TransN, ne fait pas mention d'une procédure décrivant la gestion de l'obsolescence des pièces de sécurité.

3.2 Cause

Le déraillement de l'automotrice BDe 4/4 n° 5 est dû à la rupture de l'essieu 4, essieu avant dans le sens de marche du train 6.

Ont contribué à la rupture de l'essieu :

- la disposition inadéquate de la rainure de clavette sur l'axe d'essieu ;
- les angles vifs présents à l'intersection de la rainure de clavette et du congé reliant les portées de la couronne d'entraînement et du corps de roue ;
- l'état de surface grossier de l'usinage de la rainure de clavette ;
- l'absence d'un rayon défini entre la base et les flancs de la rainure de clavette.

4. **Recommandation de sécurité, avis de sécurité et mesures prises après l'accident**

4.1 **Recommandation de sécurité**

Concernant les recommandations de sécurité, la législation suisse prévoit dans l'ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT) la réglementation suivante :

« Art. 48 Recommandations en matière de sécurité

¹ Le SESE adresse les recommandations en matière de sécurité à l'office fédéral compétent et en informe le département compétent. En cas de problèmes de sécurité urgents, il informe immédiatement le département compétent. Il peut donner son avis sur les rapports de mise en œuvre de l'office fédéral à l'attention du département compétent.

² Les offices fédéraux informent périodiquement le SESE et le département compétent de la mise en œuvre des recommandations ou des raisons pour lesquelles ils ont renoncé aux mesures.

³ Le département compétent peut adresser des mandats de mise en œuvre à l'office fédéral compétent. »

Le SESE publie les réponses de l'office fédéral compétent ou des autorités de surveillance étrangères sur son site (www.sust.admin.ch), offrant de la sorte un aperçu quant au degré de mise en œuvre de la recommandation de sécurité correspondante.

4.1.1 **Recommandation de sécurité du rapport intermédiaire**

Sur la base des constatations en cours d'enquête, le SESE a, conformément à l'article 44 de l'ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports (OEIT), remis le 7 octobre 2016 à l'Office fédéral des transports (OFT) un rapport intermédiaire contenant la recommandation de sécurité suivante :

Recommandation de sécurité n° 105

Le SESE recommande à l'OFT de faire procéder au remplacement des essieux dont la rainure de clavette n'est pas conforme.

4.1.2 **Recommandation de sécurité découlant du présent rapport**

4.1.2.1 Déficit de sécurité

Les essieux sont un élément de sécurité essentiel. Toute modification ou adaptation du dessin original du constructeur, peut modifier les contraintes dans l'axe d'essieu et avoir des conséquences négatives sur la sécurité de l'exploitation.

4.1.2.2 Recommandation de sécurité n° 126

Le SESE recommande à l'OFT de faire procéder, lors de la commande d'essieux de remplacement, au calcul de dimensionnement de ces essieux.

4.1.2.3 Déficit de sécurité

La documentation technique, établie par les fournisseurs, pour les véhicules mis en service dans les années 1950-1960 n'était pas très détaillée. La multiplicité des dessins soumis lors de l'expertise, démontre une certaine difficulté dans le suivi technique des véhicules. L'évolution des technologies, la durée souvent limitée pendant laquelle les pièces de réserve peuvent être commandées auprès du fournisseur initial, le renouveau dans le personnel de maintenance peuvent favoriser la perte de connaissances techniques.

4.1.2.4 Recommandation de sécurité n° 127

Le SESE recommande à l'OFT de faire compléter le système de management de la sécurité de TransN pour y inclure le processus de la gestion de l'obsolescence des pièces de sécurité du matériel roulant.

4.2 **Avis de sécurité**

Aucun.

4.3 **Mesures prises depuis l'accident**

Les recommandations de sécurité émises dans le rapport intermédiaire du 7 octobre 2016 sont en cours de mise en œuvre.

Ce rapport final a été approuvé par la commission du Service suisse d'enquête de sécurité SESE (art. 10 lit. h de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports du 17. décembre 2014).

Berne, 24 août 2017

Service suisse d'enquête de sécurité

Annexe 1

Essieux pour bogies



Illustration 4 : essieu conforme, la rainure de clavette n'engage pas le congé.



Illustration 5 : essieu non-conforme, la rainure de clavette engage le congé.

Annexe 2

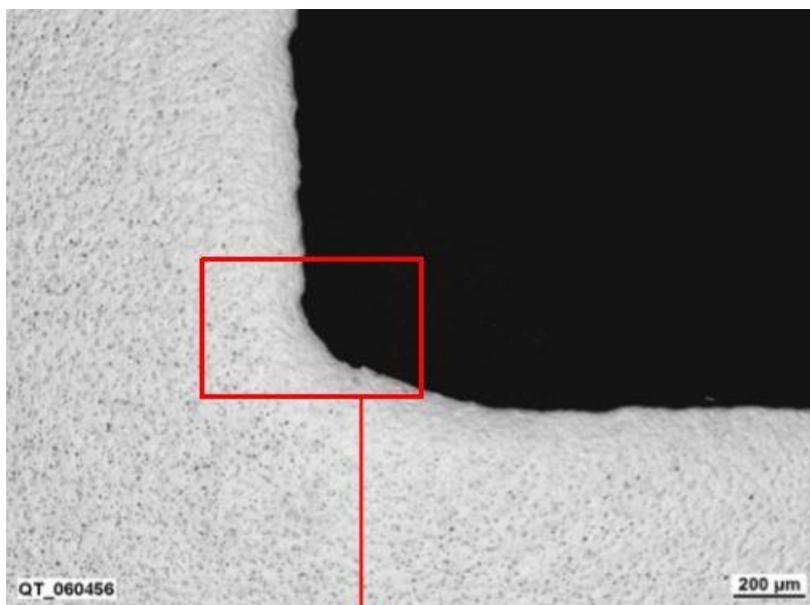
Analyse métallurgique



Illustration 6 : détail de la rupture. Jaune : départs des fissures ; rouge : développement des fissures ; vert: zone de la cassure finale.

Annexe 3

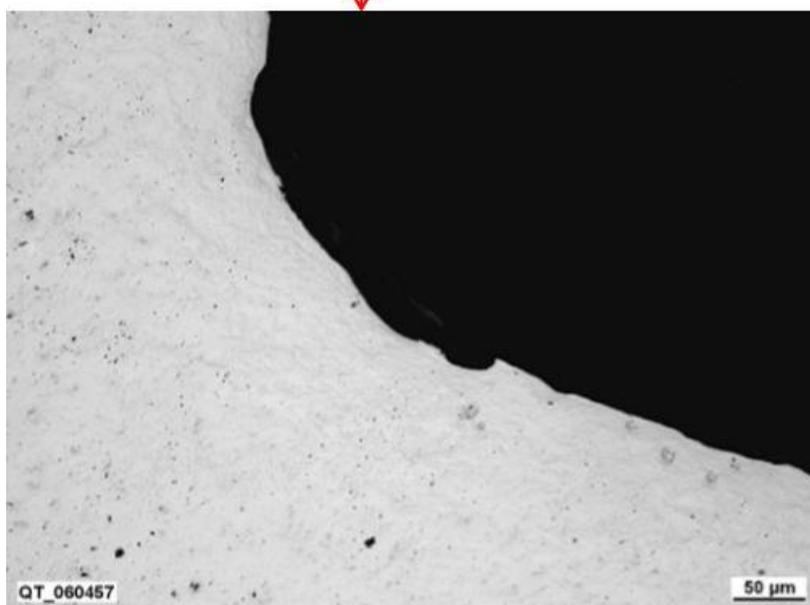
Détails de la rainure de clavette



a : vue d'ensemble.

Le rayon entre la base et le flanc de la rainure n'est pas défini.

Echelle : 50 :1



b : détail.

L'usinage est grossier.

Echelle : 200 :1

Illustration 7 : analyse microscopique de l'usinage de la rainure de clavette.