Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST
Service d`enquête suisse sur les accidents SESA
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Division rail / navigation

Rapport final

du Service d'enquête suisse sur les accidents SESA

sur le déraillement d'un train de chantier

du jeudi 8 septembre 2011

aux Rochers - de - Naye

Reg. N°: 11090801

Monbijoustrasse 51A, 3003 Berne
Tél+ 41 31 322 54 30 Fax +41 31 323 00 76
info@sust.admin.ch
www.sust.admin.ch

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport a été exclusivement établi dans le but de prévenir les accidents survenant lors de l'exploitation de chemins de fer, d'installations de transport à câble et de bateaux. L'appréciation juridique des circonstances et des causes ne fait pas l'objet de la présente enquête selon l'art. 25 de l'ordonnance du 28 juin 2000 sur les déclarations et les enquêtes en cas d'accident ou d'incident grave survenant lors de l'exploitation des transports publics (OEATP, RS 742.161).

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

0 Généralités

0.1 Représentation succincte

Le jeudi 8 septembre 2011 vers 10 h 30 un train de chantier composé d'une locomotive et d'une ballastière, qui circulait de Jaman en direction des Rochers de Naye, a déraillé dans la galerie de Fontaine. Le convoi est reparti en arrière sur environ une septantaine de mètres avant de s'encastrer dans la paroi droite de la galerie.
Les 2 personnes présentes dans la cabine de la locomotive ont été grièvement blessées. Les dégâts au matériel roulant et à l'infrastructure sont importants.



Photo 1

0.2 Enquête

Le service d'enquête SESA a été alarmé par pager le 08.09.2011 à 11 h 11 par l'instance d'annonce (REGA). Après avoir pris contact avec le responsable de l'exploitation, 2 enquêteurs du SESA se sont immédiatement rendus sur place.

1 Renseignements de base

1.1 Situation avant les faits

La galerie de Fontaine est située un peu en dessous de la gare des Rochers de Naye. Des travaux de rénovation de la superstructure s'y déroulaient de nuit depuis le 5 septembre 2011.
Durant la nuit du 7 au 8 septembre 2011, la voie a été remplacée sur une longueur de 30 mètres puis raccordée en amont à l'ancienne voie à l'aide d'une seule crémaillère (voir photo 7 § 1.14.2). Les travaux ont été exécutés, sous la direction du personnel de l'infrastructure GoldenPass Services, avec l'aide d'une entreprise tierce.
Le matin du 8 septembre 2011, la voie entre Jaman et les Rochers de Naye a été remise en service aux environs de 8 heures.
Vers 7 h 30, le train de chantier N° 33755 formé de la locomotive N° 3 et du wagon N° 12 chargé de ballast, a quitté la gare de Caux pour se rendre aux Rochers de Naye. Lors du passage dans le secteur en travaux à l'intérieur de la galerie de Fontaine, le mécanicien a ressenti un léger choc. Vers 8 h 30, le train de travaux N° 3360a (composition identique au train 33755) a circulé de Naye en direction Paccot. Le train s'arrêta dans le secteur en travaux pour vérifier ce qui aurait pu provoquer un bruit lors de son passage amont.
Le monteur de voie présent dans la cabine est descendu pour aller contrôler l'état de la voie à la jonction de l'ancienne et de la nouvelle voie.
Il a remis "en place" une cale en bois qui servait de support de soutient au rail dans le secteur du raccordement. Le train est reparti en direction aval puis a fait un arrêt en dessous de la galerie de Fontaine afin de déverser le ballast sur le lieu de stockage prévu pour les travaux de rénovation. Une fois le déchargement terminé, le train a poursuivi sa course en direction de Paccot pour y recharger du ballast. A la gare de Jaman, il a croisé le train voyageur N° 3357 qui mo ntait en direction de Naye.
Une fois le chargement du ballast terminé à Paccot, le train de travaux, identifié 33759 est remonté en direction de Naye. A la gare de Jaman, il a croisé le train voyageur N° 3360 qui redescendait de Naye. Le mécanicien du train voyageurs a avisé le mécanicien du train de travaux que, lors de ses 2 passages dans la zone du chantier, il avait constaté un bruit anormal.

1.2 Déroulement de la course

Le train de travaux N° 33759 a quitté la gare de Ja man en direction de Naye. A l'entrée de la galerie le train circulait, selon le mécanicien, à environ 10 km/h. Avant l'entrée dans le secteur en travaux, au niveau de la signalisation de la réduction de vitesse pour le chantier, le mécanicien a réduit la vitesse à environ 6 km/h. En s'approchant de l'endroit où la nouvelle voie se raccorde à l'ancienne, le mécanicien a encore réduit sa vitesse, à environ 3 km/h. Soudain dans le secteur du raccordement, il a entendu un bruit au niveau de la crémaillère, puis la locomotive s'est déportée sur la droite. Le mécanicien a serré immédiatement le frein (gauche) à ruban agissant sur la crémaillère. Le convoi est reparti en arrière, en direction aval, sans que le mécanicien ne puisse faire quoi que ce soit. Les engrenages de la locomotive ont sauté à plusieurs reprises sur les dents de la crémaillère entre l'endroit où le convoi s'est désengrené et lieu du déraillement.
Bien que la crémaillère ne soit plus engrenée, la locomotive a été maintenue par le système rail-crémaillère sur une septantaine de mètres avant que, sous l'effet de la force centrifuge due à la vitesse du convoi, la locomotive ne s'incline sur le côté dans la courbe et heurte un rail DIN soutenant la paroi de la galerie. Après avoir heurté la paroi droite de la galerie, la locomotive a fait en demi tour sur son axe vertical et s'est retrouvée à l'envers de son sens de marche normal.

La cabine de conduite de la locomotive a été éventrée et le mécanicien éjecté. Le monteur de voie s'est retrouvé coincé dans la cabine de conduite de laquelle il a pu s'extraire peu après.
Le mécanicien a été gravement blessé à un bras et le monteur de voie au dos.
Le wagon de ballast a été endommagé lors du déraillement et s'est vidé à l'intérieur de la galerie. Les éléments béton de la paroi droite de la galerie, montés entre 2 rails DIN, se sont effondrés . Un élément béton de la paroi de gauche a été arraché. La ligne de contact a été arrachée.
Sur demande du SESA , la section de crémaillère raccordant la nouvelle voie à l'ancienne a été retirée de l'infrastructure puis remontée sur traverses devant le dépôt de Glion afin d'en effectuer une analyse détaillée.

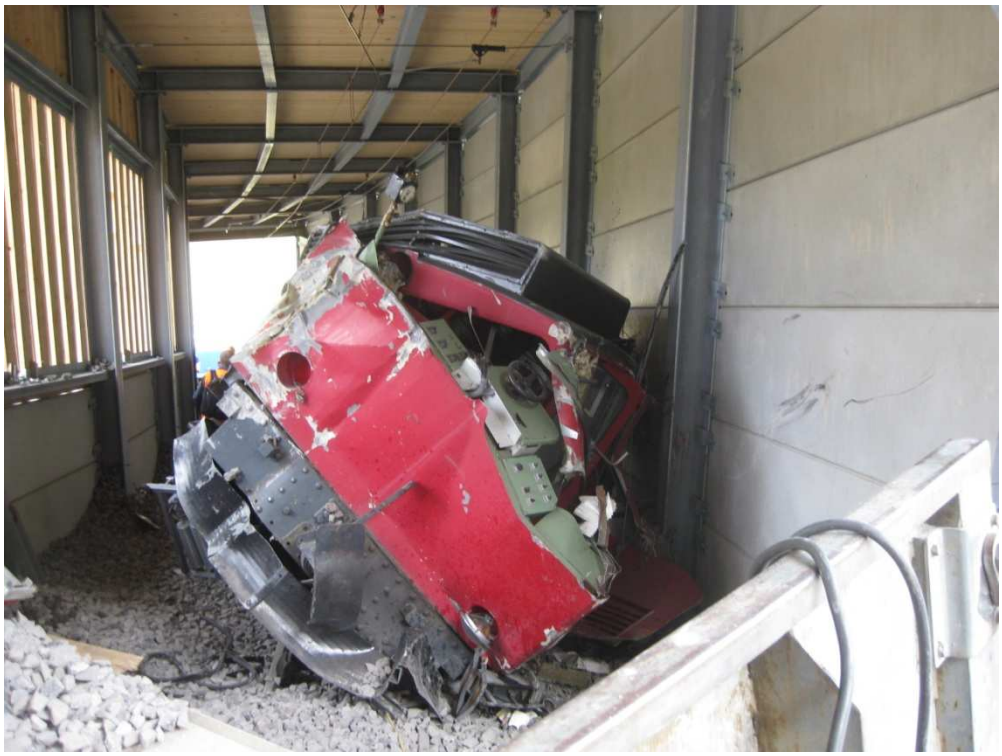


Photo 2

1.3 Dommages corporels

	Personnel ferroviaire	*Voyageurs*	*Tiers*
Légèrement blessés	**-**	**-**	**-**
Gravement blessés	**2**	**-**	**-**
Mortellement blessés	**-**	**-**	**-**

1.4 Dommages subis par le matériel roulant et l'infrastructure de l'entreprise ferroviaire

Matériel roulant :

La locomotive HGe 2/2 N°3 a subi un dégât total.
Le wagon G MN 12 a été fortement endommagé

Infrastructure :

Les éléments béton de la paroi droite de la galerie se sont effondrés.
Un élément béton de la paroi gauche a été déplacé par le wagon N°12 et la paroi en bois située au dessus a été arrachée.
La ligne de contact a été arrachée.

Photo 3



1.5 Personnes impliquées

1.5.1 Mécanicien du train

Nom Prénom :

1.5.2 Monteur de voie

Nom Prénom :

1.5.3 Chef de chantier

Nom Prénom :

1.6 Véhicules ferroviaires

Propriétaire :	Transports Montreux-Vevey Riviera MVR (GPS) Rue de la gare 22 1820 Montreux
Locomotive:	HGe 2/2 N°3
Wagon ballastière::	G MN 12; chargé de 6 m3 de ballast. Wagon équipé seulement du frein d'immobilisation.

L'automotrice N°303 n'est pas impliquée dans l'acc ident, mais a circulé sur le tronçon avant l'accident.

1.7 Conditions météorologiques, état des rails

Jour, tunnel, pas d'éclairage.

1.8 Locomotive à crémaillère N°3 (dessin type en annexe 1)

La locomotive N°3 a été construite en 1908. Au déb ut elle ne circulait que sur le tronçon entre Montreux et Glion, tronçon avec une déclivité maximale de 130 ‰.
De ce fait, à l'origine le véhicule ne disposait pas du système de protection contre le recul.
Par la suite ce véhicule a été engagé sur le reste du parcours jusqu'à Naye avec une déclivité de 220 ‰. Lors de ce changement d'exploitation, le système de protection contre le recul n'a pas été rajouté. DE- OCF § 59.4

La locomotive est équipée d'un dispositif de protection contre la survitesse. L'acquisition de la vitesse est réalisée au moyen une transmission par chaîne sur l'essieu aval de la locomotive.

La locomotive est équipée des systèmes de freins suivants:

Frein à adhérence combiné crémaillère (désigné manivelle de gauche)

Le frein à adhérence agit par l'intermédiaire de 4 sabots sur les 2 essieux du véhicule ainsi que sur la roue dentée montée sur l'essieu aval. Sur la crémaillère ce frein n'est activé qu'en cas d'urgence.

Frein à crémaillère (désigné manivelle de droite)

Le frein à crémaillère agit par l'intermédiaire de rubans sur les 2 roues dentées motrices. Ce frein est utilisé lors d'un arrêt sur la crémaillère.

Frein automatique à ruban (survitesse et commande électrique)

Ce frein est commandé automatiquement par le système de survitesse (Vmax + 10 %). Il peut aussi être activé par un interrupteur de commande électrique. Ce dernier est monté sur le tableau dans la cabine de conduite.
Il agit par l'intermédiaire d'un ressort sur l'axe de l'induit des moteurs, respectivement en fin de chaîne sur les roues dentées motrices, vu que ces dernières sont couplées mécaniquement aux moteurs.

Frein électrique:

Ce frein sert à réguler la vitesse du train lors de la descente.

La locomotive N°3 est un véhicule à 2 essieux avec un empattement de 2.7 m.
Un courte distance, 110 cm, sépare les 2 roues dentées de traction.
Ce type de véhicule avec un empattement court, avec suspensions très rigides est, contrairement aux automotrices à bogies, plus sensible aux irrégularités de la voie.
En courbe, le tampon central influence négativement la sécurité au déraillement, ceci à cause des forces latérales induites sur la caisse par le dit tampon.

Révision et contrôle du véhicule

Au mois de juillet 2011, les 2 roues dentées de traction ont été échangées. Les ressorts tangentiels du type Omega ont été remplacés. Les rubans de freins ont été contrôlés.
Lors de cette opération la roue dentée de freinage n'a pas été remplacée.
Après les travaux, les contrôles de freins suivants ont été réalisés en date du 4 août 2011:

- Essai du frein d'adhérence
- Essai du frein crémaillère (sans charge). Un essai de frein en charge avait été effectué en mai 2011.
- Essai du système de survitesse.

Les protocoles de contrôle sont en possession du SESA.

D'après l'entreprise. la locomotive a parcouru environ 700 km entre l'échange des roues dentées et l'accident.

1.9 Système de crémaillère (annexe 5)

La crémaillère de la ligne des Rochers de Naye est une crémaillère du type Abt à 2 lames avec un pas de 120 mm.
Dés 2007, lors de la rénovation de la superstructure de la ligne de Naye, un nouveau type lame de crémaillère, système à longue lames, a été installé. La longueur d'une lame est de 5.4 m en lieu et place des anciennes lames à 1.8 mètre. L'épaisseur de la lame est passée de 25 à 33 mm. Le pas des dents et l'engrènement sont restés identiques.
La modification du type de lame n'a eu aucune influence sur le déroulement de l'accident.
D'après les documents datant de la construction de la ligne, sur les déclivités inférieures à 40 ‰ une seule crémaillère peut être installée. Au-delà de 40‰, deux crémaillères doivent être installées.(annexe 6)
Selon la documentation technique RTE 29700 § 1.4.2 Géométrie des dents, (annexe 7) lors du passage d'une à deux lames, les deux premières dents de la seconde lame, doivent être adaptées. Cette adaptation n'a pas été effectuée dans la zone de travaux.

1.10 Installations ferroviaires

La déclivité de la voie dans la galerie de Fontaine est de 220 ‰. La vitesse maximale à la montée est limitée à 12 km/h.
Dans la zone du chantier, la voie est en courbe à droite avec un rayon de 80 mètres dans le sens montant.
L'unique crémaillère de transition (secteur de raccordement) est du type ancien avec une largeur de 25 mm. Elle était installée sur le côté gauche (sens montant).
A cause du chantier, une réduction de vitesse à 6 km/h avait été mise en place.
Elle était correctement signalée selon PCT R 300.2 § 2.3.4.

1.11 Tachygraphe

La locomotive N°3 est équipée d'un indicateur de v itesse électromécanique à cadran avec enregistrement sur bande papier. Le système d'enregistrement sur bande papier étant défectueux, aucune bande n'y était installée. De ce fait il n'est pas possible de déterminer la vitesse exacte du convoi lors de l'accident.

1.12 Analyse des véhicules ferroviaires

Les véhicules ferroviaires mentionnés sous pt 1.6 ont été contrôlés sur les lieux de l'accident par les enquêteurs.
La chaine du dispositif de survitesse (essieu aval) était encore intacte après l'accident.
Le "taquet" du survitesse avait déclenché.
Le système de sécurité "Homme-mort" de la locomotive N°3 était hors service.
Le wagon ballastière N°12 ne fait l'objet d'aucune remarque.
Les résultats de l'inspection détaillée de la locomotive figurent sous le point 1.14.1 du présent rapport.

1.13 Résultat de l'expertise médicale

Une prise de sang a été effectuée sur les 2 personnes présentes dans la cabine.
L'état physique des deux personnes était en ordre.

1.14 Examens particuliers

Le SESA a procédé le mercredi 14 septembre 2011 au dépôt de Glion à une inspection détaillée de la locomotive et du secteur de voie concerné.

Remarque: Pour la voie avec écartement de 800 mm, aucune spécification n'existant, les tolérances de la voie métrique s'appliquent par analogie (DE- OCF / RTE 29700 § 5.6.3.3).

1.14.1 Locomotive HGe 2/2 N°3

- Les 2 roues dentées de traction étaient neuves. Excepté les traces consécutives au déraillement, les dents ne présentent aucune marque particulière.
- Le jeu des ressort tangentiels est de 1 à 2 mm (dans les tolérances admises).
- La roue dentée de freinage n'a pas été échangée lors du remplacement des roues dentée de traction.
- Le profil des roues ne fait l'objet d'aucun commentaire.

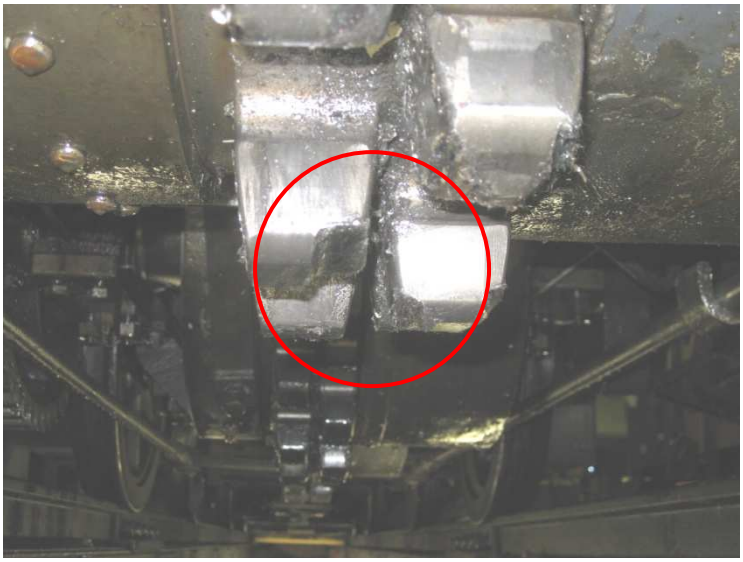
Relevé des mesures des essieux et roues dentées côtes en mm

Essieu N°	1	2	
	Amont / entr.	Aval / entr.	Roue dentée Frein (3)
Diamètre essieu (neuf 695)	694	694	
Ecartement roue - essieu	745 - 795	746 - 796	
Distance pied dent - SOK	66	70	73
Distance tête dent - SOK	12	13.3	18

Le jeu latéral entre l'essieu et la voie (valeur théorique de 800 mm), est par conséquent de 4 - 5 mm. Il respecte les tolérances imposées par la réglementation RTE 29700 § 5.6.3.3.

La roue de traction 1 (amont) présente les marques suivantes:

Sur la tête des dents (3 dents) une encoche est visible. Cette encoche a été provoquée, lors du recul de la locomotive, par les dents de la nouvelle crémaillère à 2 lames. (contremarques sur crémaillère photo N°13).
Sur le reste de la circonférence de la roue dentée, aucune marque n'est visible sur la tête des dents. Ceci démontre que la roue dentée était freinée lorsque la locomotive est repartie en arrière.

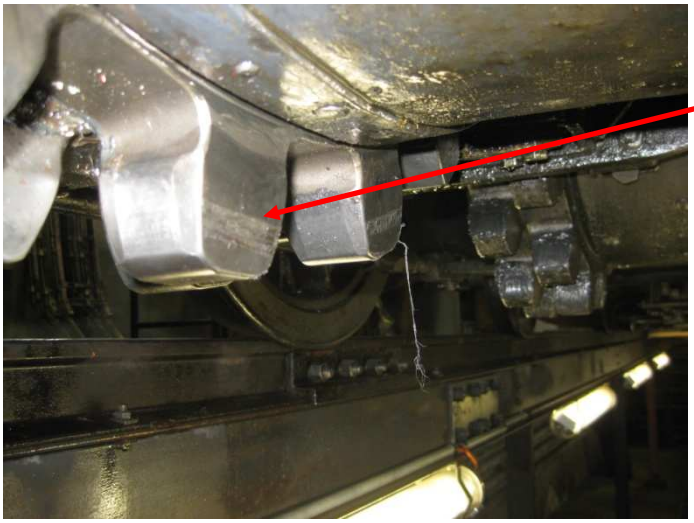


Roue dentée traction 1 (amont)

Photo 4

Roue de traction 2

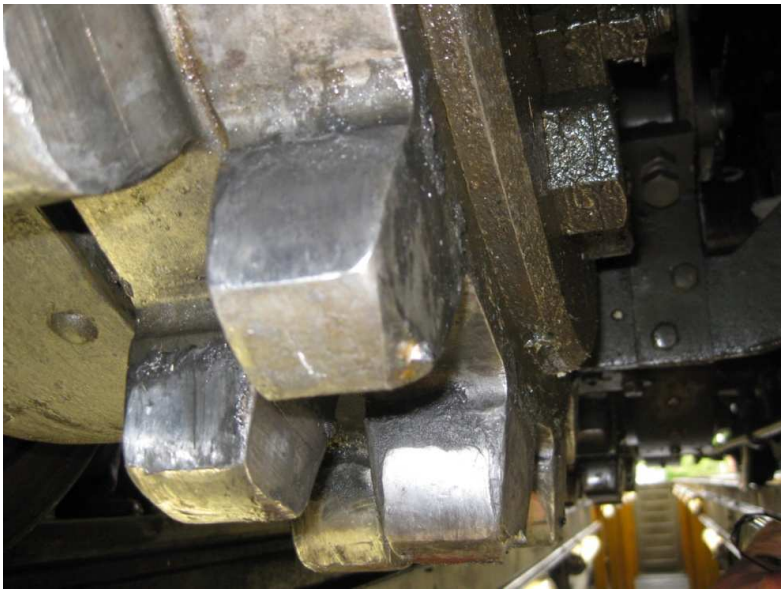
Sur la partie latérale des dents, des traces de frottement sont visibles sur 8 dents.
Sur la tête des dents aucune marque particulière n'est visible.



Roue dentée traction 2

Photo 5

La roue dentée de freinage n'ayant pas été remplacée lors de l'échange des roues de traction, les dents présentent des traces d'usure normale.



Roue de freinage (montée sur axe aval)

Photo 6

Sur la partie latérale des dents, des traces de frottement récentes sont visibles sur 3 dents.
Deux dents (roue dentée de gauche) présentent un impact récent sur l'angle de la dent, impact consécutif à un choc avec les dents de la crémaillère.

1.14.2 Voie et Crémaillère Raccordement zone de chantier (Annexes 3 à 5)

Le raccordement de la crémaillère entre la nouvelle voie posée durant la nuit et l'ancienne a été effectuée au moyen d'une seule lame (lame de gauche- sens de marche). Les traverses, de chaque côté du raccordement, ne reposaient pas sur le lit de ballast. Des cales en bois soutenaient les rails dans la zone de jonction.

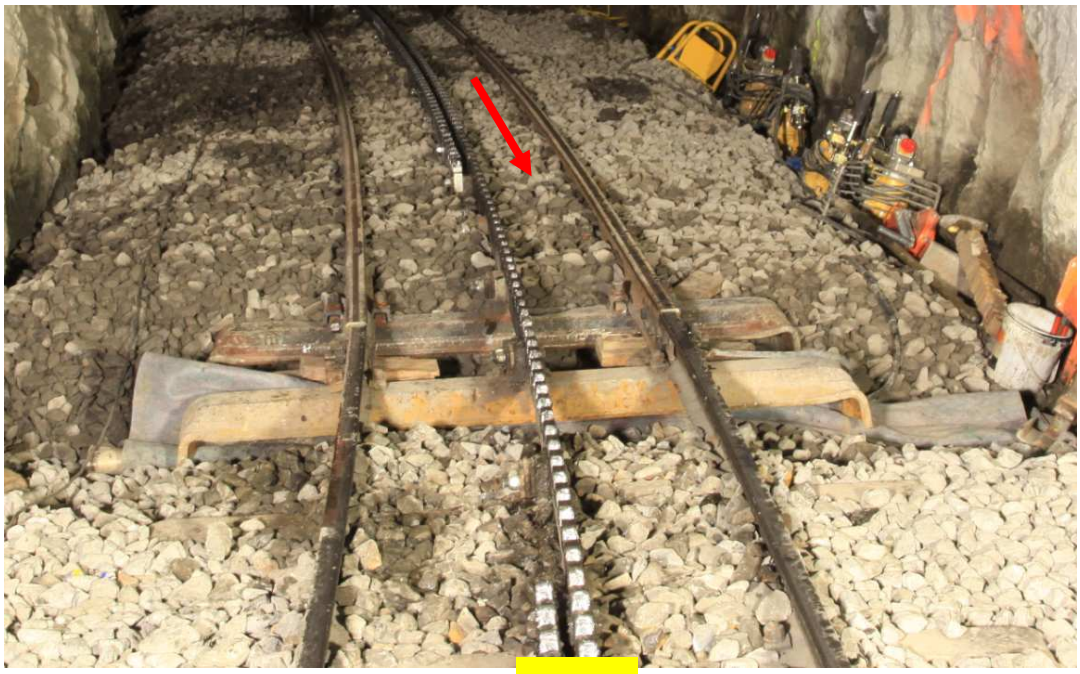


Photo 7

La désignation "gauche" représente la différence de dévers admissible en mm par mètre de voie. La limite supérieure est de 3 ‰, ce qui représente une différence de dévers de maximum 3 mm sur 1 mètre de longueur.

Les relevés effectués font apparaître une différence de dévers (gauche), sur la longueur du raccordement de 3.6 m, de 4 à 29 mm. (tableau en annexe 4)
Cette mesure ne tient pas compte des effets dynamiques induit lors du passage du convoi.
Sur la longueur de l'empattement de la locomotive soit 2.7 mètres la différence de dévers atteint, au point le plus défavorable, 23 mm entre l'essieu avant et arrière.

La photo N°18 prise par la police (annexe 5), démontre que les cales en bois soutenant le rail n'étaient plus en place et ne touchaient plus le rail. La distance entre le rail et les cales est estimé par le SESA à environ 15 mm.
Ces cales ont été remises en place, avant que le SESA ne procède à la mesure de la voie dans le secteur de la zone de chantier, sans que ce dernier n'en soit informé.

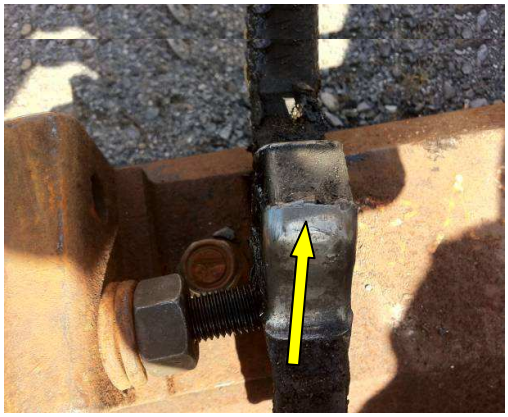
La section de crémaillère située dans la zone de chantier a été inspectée en détail au dépôt de Glion. L'analyse démontre les éléments suivants: (autres photos en annexe 3)

8



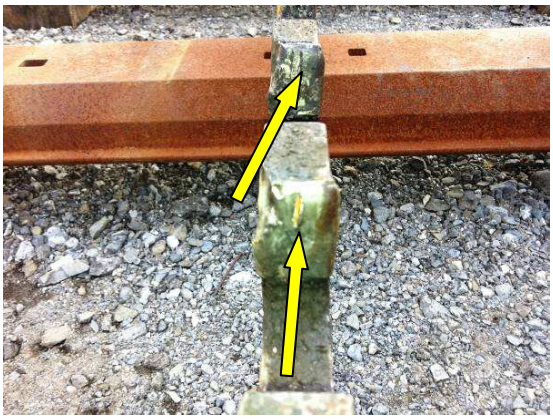
Au passage sur l'ancienne crémaillère traces fraiches, de montée sur la 2ème dent, provoquées lors du passage de la loc 3 ou l'automotrice 303 avant le déraillement. Ceci démontre le danger d'un déraillement car le passage d'une lame à 2 lames en déclivité est problématique. (ressorts tangentiels des roues dentées motrices)

9



"Griffure" sur la première dent, indiquant un début de montée sur la dent et sur la 2ème dent une situation de conflit "tête –tête" apparaît

10



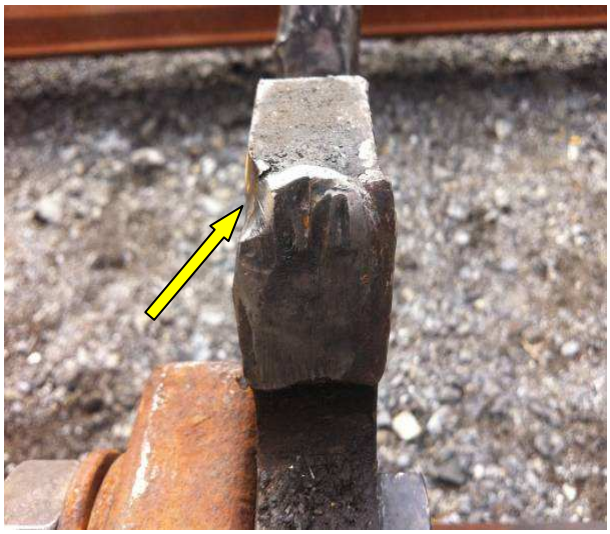
L'automotrice 303 avec une forte usure concave des roues dentées a presque déraillée sur le secteur de raccordement à une lame. A cause de l'état de la voie, la roue dentée gauche n'était plus engrenée correctement et a laissée des marques verticales sur plusieurs flancs des dents

11



Usure concave des roues dentées de l'automotrice 303 avec l'angle des dents tranchant.

12



Marque importante laissée, sur la partie extérieure de lame de raccordement inférieure par la roue dentée lors du désengrènement.(roue dentée vraisemblablement déjà freinée)

13



Traces de guidage de la roue dentée laissées sur la nouvelle crémaillère à 2 lames. Les traces sont visibles, partiellement discontinues, jusqu'au moment où la locomotive est sortie des rails.

Traces de frottement sur la face latérale des dents de la crémaillère de raccordement. Contremarques sur la roue dentée: photo N°5

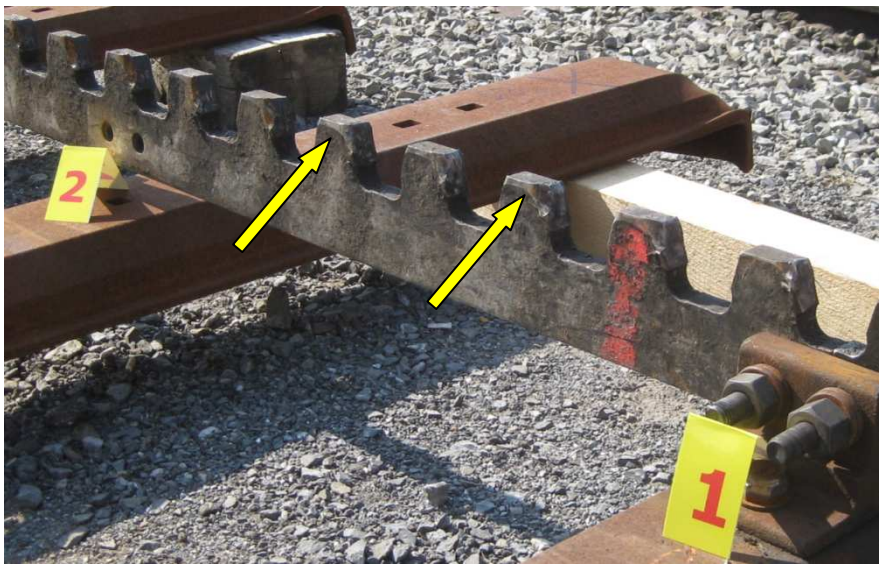


Photo 14

1.15 Engrènement roue dentée – crémaillère (RTE 29700 § 5.2 - DE-OCF 59.1)

La durée d'engrènement (e) varie pour chaque véhicule en fonction de l'usure des bandages, et de la distance sommet- pied de la dent.
Selon les DE- OCF art 59.1 § 6.1.1 et 6.3.1 la durée d'engrènement doit être supérieure à 1 (1.15 prescrit – 0.15 pour l'usure).

La locomotive N°3 datant des années 1908, le docum ent mentionnant la valeur d'engrènement n'a pas pu être retrouvé. Sur les dessins type, datant de la construction, une hauteur de crémaillère de 53 mm (SOK) est indiquée (Montreux- Glion), alors que le tronçon Glion-Naye à une hauteur de crémaillère de 50 mm.
Sur demande du SESA l'entreprise va procéder, pour la locomotive N°2, à la détermination de cette valeur pour les différents diamètres de roues et hauteur de crémaillère.

1.16 Mesure de la voie avant remise en service (extraits du PV Chef chantier)

Selon le chef de chantier, lors du contrôle de la voie avant remise en service, l'écartement du pas de la crémaillère et le dévers de la voie ont été vérifiés. Les mesures n'ont pas été protocolées. Un passage avec une locomotive, pour vérification, a été effectué à la fin des travaux. Lors de ce passage aucune irrégularité n'a été constatée.

1.17 Déraillements antérieurs de la locomotive N°3

Le SESA a été informé, 20 jours après l'accident, que la locomotive N°3 avait déjà "déraillé" avant l'accident.

Après les recherches effectuées par l'entreprise sur demande du SESA il s'avère que:

Le déraillement en date du 4 août 2011 s'est produit en gare de Montreux, après le déchargement de la locomotive N°3 (sortie de révision) depuis les lorrys (passage de la voie avec écartement de 1000 mm à 800 mm) qui ont été utilisés lors du transfert entre Chernex et Montreux. Le secteur de voie concerné n'est pas fréquemment utilisé.
Sur certaines traverses, seule la tête des vis des tirefonds maintient le rail en position.

Le déraillement du 15 août 2011, en gare de Tremblex, est en fait un désengrènement des roues dentées de la locomotive N°3 sur un secteur à une seule lame, secteur en courbe sans grosse déclivité.

Comme le secteur est relativement plat, les roues dentées ont repris leur engrènement normal peu après. Une intervention pour ré-enraillement n'a par conséquent pas été nécessaire.
Dans le même secteur, la locomotive N°2 a aussi connu un cas de désengrènement similaire.
Le secteur de voie concerné a été assaini après ces évènements.

Le SESA n'avait, jusqu'au 28 septembre 2011, pas été informé de ces évènements.

Les 2 évènements en gare de Tremblex, survenus durant l'exploitation, n'ont pas non plus été déclarés par écrit à l'OFT, conformément à l'ordonnance sur les enquêtes accidents (OEATP 742.161 art 9.2).

1.18 Information concernant l'organisation et la procédure

Sur place, le constat a été effectué par la Police cantonale Vaudoise.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques du matériel roulant

- La locomotive N°3 était techniquement en ordre, bien que la valeur du taux d'engrènement n'a pas pu être retrouvée.
- Le système de tampon central influence dans les courbes, à cause des forces latérales induites sur la caisse, négativement la sécurité au déraillement.
- Les marques sur la tête des dents des roues dentées de la locomotive N°3 sont consécutives au frottement sur la nouvelle crémaillère lors du recul.
- Lors de la phase de recul les roues dentées de la locomotive étaient freinées, mais plus engrenées.
- Bien que la roue dentée n'était plus engrenée dans la crémaillère, la locomotive était, lors de la phase de recul, encore guidée par le système rail-crémaillère.

- La locomotive N°3 n'est pas équipée du système de protection automatique contre le recul.
- Sur la locomotive N°3, le système d'enregistrement de la vitesse était défectueux et aucune bande n'y était installée.
- Le wagon N°12 était chargé de ballast. Sa contenance étant limitée, et le contenu connu, une surcharge n'était pas possible.

2.2 Aspects techniques : voie – crémaillère - comportement d'autres véhicules

Les marques laissées par les roues dentées de l'automotrice 303 sur les dents de la crémaillère démontrent que, non seulement les véhicules à empattement court (loc3) mais aussi les véhicules à bogies (automotrice 303) subissaient un défaut d'engrènement, défaut consécutif à l'état de la voie dans le secteur de raccordement.

L'adaptation des deux premières dents de la seconde lame, lors du passage d'une à deux lames (annexe 7 / Géométrie des dents) n'a pas été effectuée.

Les traces de frottement visibles sur la face latérale des dents de la crémaillère de raccordement (photo N°14) démontrent que les roues dentées de la locomotive N°3 (photo 5) ont passé à côté de la crémaillère.

2.3 Facteurs humains

Le mécanicien a réagi correctement. Lorsqu'il a remarqué un bruit anormal, puis constaté que sa locomotive se déplaçait sur la droite, il a immédiatement coupé la traction et serré le frein. Une fois la locomotive désengrenée, il n'avait plus aucun moyen d'immobiliser le convoi.

2.4 Déraillements antérieurs de la locomotive N°3

Le déraillement du 4 août 2011, survenu après le déchargement de la locomotive depuis les lorrys, n'est aux yeux du SESA , pas relevant, car ce secteur de voie n'est fréquemment utilisé et la fixation des rails n'y est pas réalisée d'une manière adéquate.

Sur la base de l'analyse des 2 évènements en gare de Tremblex, du fait qu'un autre véhicule que la locomotive N°3 ait aussi connu un problème sur le même secteur, et que par la suite secteur de voie concerné ait été assaini, il n'est pas possible pour le SESA d'imputer le désengrènement du 15 août 2011 à un défaut de la locomotive N°3.

2.5 Crémaillère - tolérances de la voie - calage - comportement de la locomotive N°3

Le dévers normal pour une voie avec un rayon de 80 mètres est de 12 mm.

La mesure statique du dévers de la voie présente une différence de dévers (gauche) allant de 4 mm à 29 mm sur une longueur de 3.6 mètres soit bien au-dessus des tolérances admissibles. La voie n'était pas calée d'une manière stable et du ballast manquait sous les traverses situées à la jonction de l'ancien et du nouveau rail (annexe 3).

Il est fort probable que les cales, qui avaient été repositionnées par le monteur de voie lors du précédent passage, soient à nouveau tombées lors du passage de l'automotrice 303, laissant un espace d'environ 15 mm sous le rail (annexe 5).

En cumulant cet espace à la différence de dévers mesurée d'une manière statique, le gauche sur la longueur du secteur de raccordement où une seule crémaillère est installée, atteint alors 40 mm.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

- La locomotive N°3 était techniquement en ordre.
- Le wagon N°12 était chargé de ballast et ne fait l'objet d'aucune remarque.
- La réduction de vitesse pour le chantier était correctement signalée.
- Une fois les roues dentées de la locomotive hors de la crémaillère, plus aucun effort de freinage ne pouvait être transmis au convoi par l'intermédiaire de la crémaillère.
- Les traces laissées, sur les dents de la crémaillère par l'automotrice 303, démontrent un défaut d'engrènement consécutif à la différence de dévers trop importante de la voie dans le secteur du raccordement.
- Une seule lame de crémaillère était installée dans la zone du raccordement entre l'ancienne et la nouvelle voie. Le guidage de secours par la 2ème lame manquait. Par conséquent un glissement latéral hors de la crémaillère ne pouvait pas être évité.
- Les roues dentées de la locomotive N°3 ont laissé des traces sur la face latérale de la crémaillère de raccordement.
- Au passage d'une lame à 2 lames, les deux premières dents de la seconde lame de crémaillère n'ont pas été adaptées.
- Aucun protocole de mesure de la voie n'a été établi à la fin du chantier.
- Le système d'enregistrement de la vitesse de la locomotive N°3 était défectueux et aucune bande n'y était installée.
- Le nouveau type de crémaillère installé (largeur 33 mm), respectivement les nouvelles traverses, ne sont pas en cause dans cet accident.
- En courbe la charge remorquée induit, par l'intermédiaire du tampon central, un effort latéral sur la caisse du véhicule.
- Le mécanicien a réagi correctement.

3.2 Causes

Le déraillement du train est dû au fait que les roues dentées gauches sont passées à côté de la crémaillère provoquant le désengrènement de la locomotive laquelle est repartie en arrière. Le désengrènement est dû au cumul des causes suivantes:

- Une seule crémaillère, à la place de deux, était installée dans la zone du chantier.
- La voie n'était pas calée d'une manière correcte et du ballast manquait sous les traverses.
- L'existence d'un dévers trop important au raccordement de l'ancienne et de la nouvelle voie.

4 Recommandations de sécurité

Dans les zones de chantier, sur les secteurs à forte déclivité, le raccordement doit toujours être réalisé au moyen de 2 lames de crémaillères. Cette recommandation a déjà été transmise verbalement, aux responsables de l'entreprise, le soir de l'accident par le SESA.

● La locomotive HGe N°2 (similaire à la locomotive N°3) est à équiper d'un système de protection contre le recul.

● La durée d'engrènement (e) de la locomotive N°2 doit être vérifiée.

L'enquête a été menée par les 3 soussignés, le rapport établi par [redacted] .

Berne, le 02 février 2012

Service d'enquête suisse sur les accidents

[redacted]

[redacted]

[redacted]

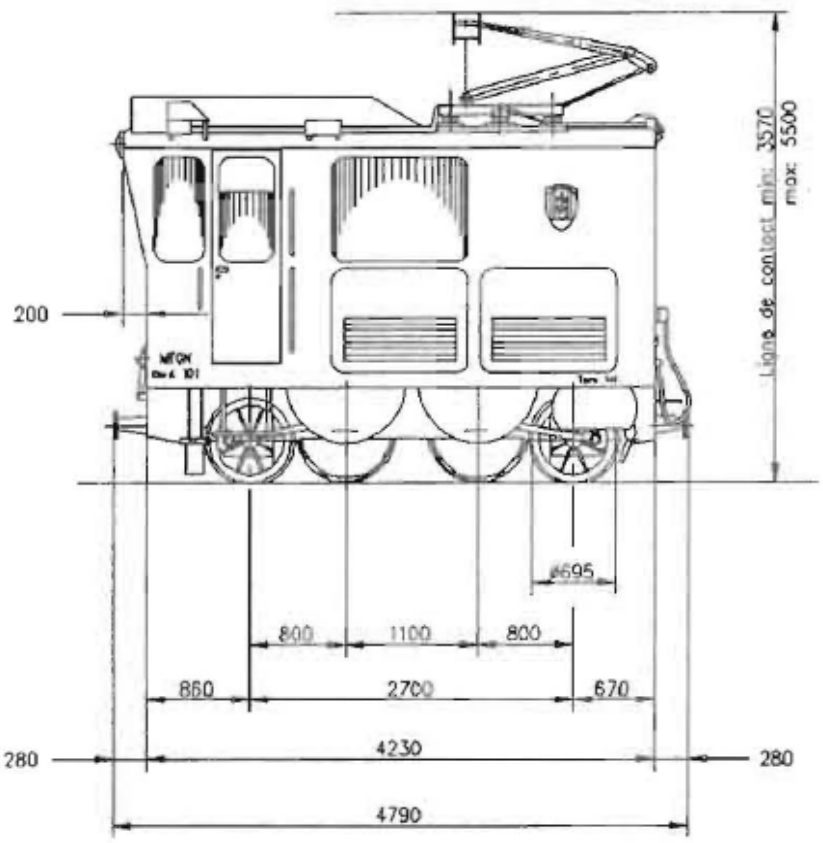
Photos: Police VD - SESA

Ce rapport d'enquête a été approuvé par la direction du Service d'Enquête Suisse sur les Accidents SESA (Art. 3 al. 4g de l'Ordonnance sur l'organisation du SESA, Org. SESA du 23 mars 2011).

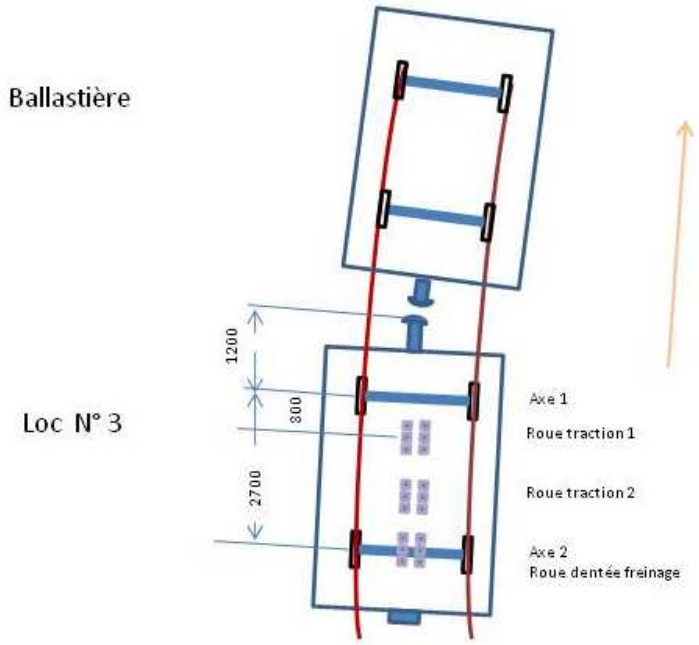
Berne, le 23 janvier 2012

Annexe 1

Dessin type locomotive N°3



Locomotive et wagon ballastière



Annexe 2

Photo 15



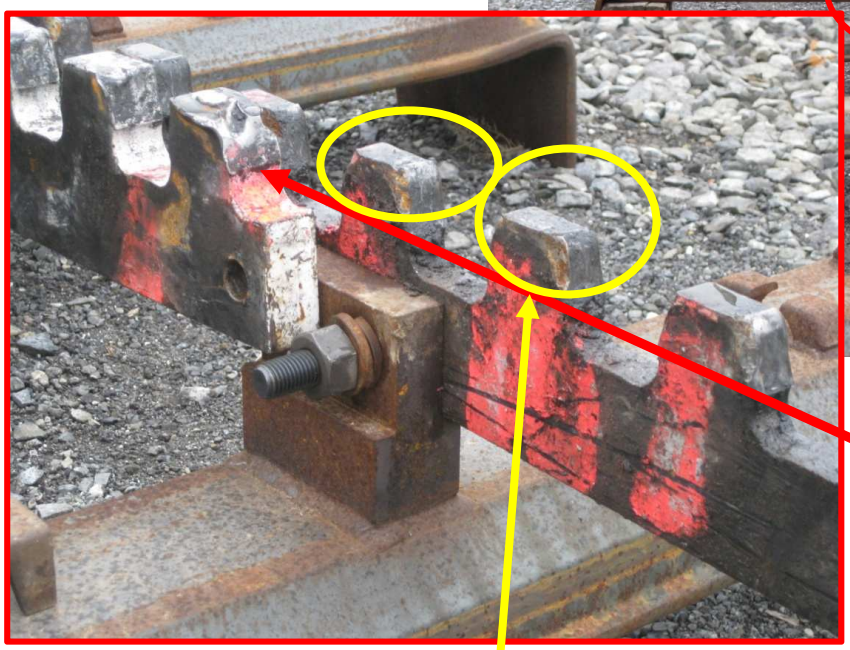
Photo 16



Annexe 3

Analyse détaillée de la crémaillère au dépôt de Glion



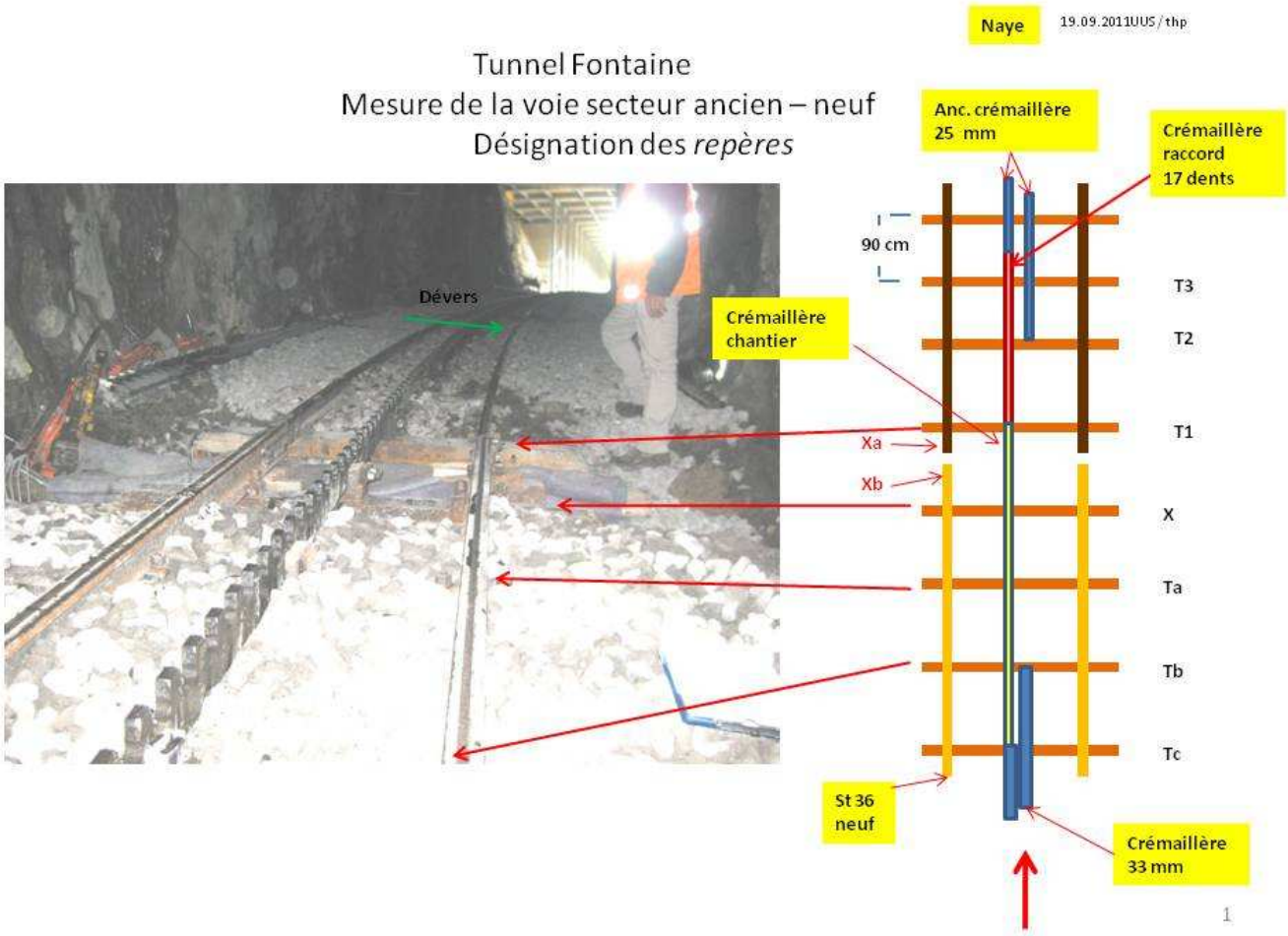






Annexe 4

Relevé de la voie – dévers



N°Traverse	Ecartement voie	Dévers	H crémaillère	
	mm	mm	mm	
T3	802	25		
T2	802	28	50	
T1	803	29	50	
xa	804	27		Anc rail
xb	801	22		Nouv rail
X	803	20	50	
Ta	801	12	48	Crémaillère abîmée suite
Tb	801	6	47	au déraille-ment
Tc	800	4		
Td	800	9		

Annexe 5

Photo de détail de la zone de raccordement du chantier

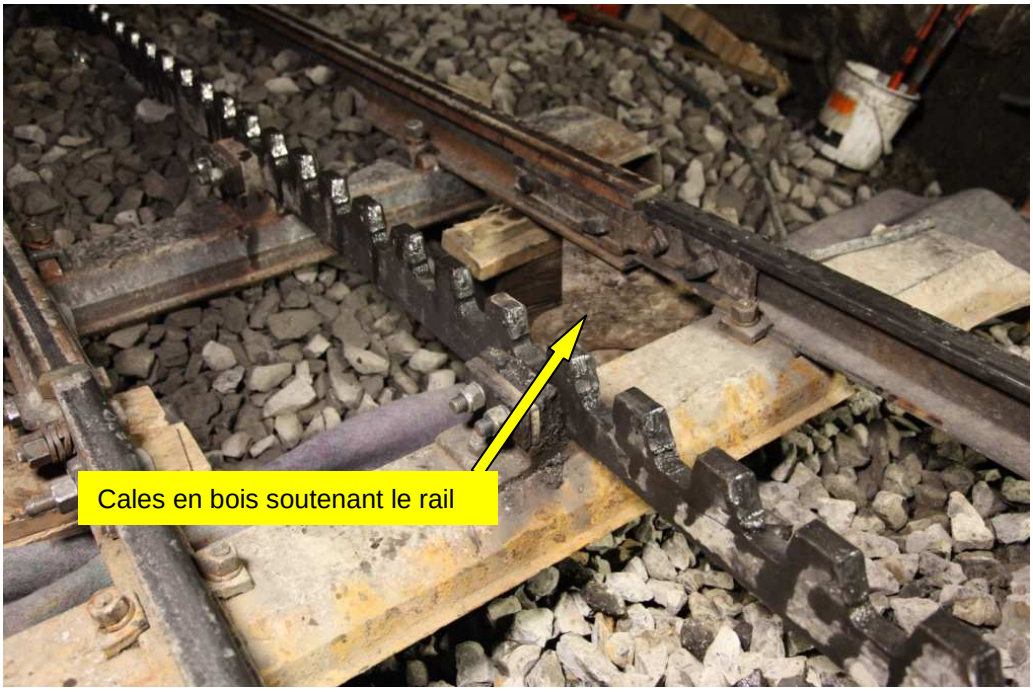


Photo 18

Photo: Police VD

Annexe 6

Approbation des plans de détails superstructure de Naye

Extraits du rapport technique N°2

La voie fut construite à l'époque avec le matériel de superstructure suivant :

Traverses :	Type :	Traverse acier, ép. min de 6 [mm]
	Longueur :	1'800 [mm]
	Distance entre traverses :	900 [mm]
	Attache du rail :	attache A, semelle élastique
Rail :	Ecartement :	800 [mm]
	Longueur entre joints éclissés :	9'000 [mm]
	Masse linéaire :	20 [kg/m]
	Section :	2'610 [mm^2]
	Moment de résistance W_{xx} :	71,2 x 10^3 [mm^3]
	Moment d'inertie I_{xx}:	3,67 x 10^6 [mm^4]
	Hauteur :	100 [mm]
	Largeur du patin :	80 [mm]
	Largeur du champignon :	45 [mm]
	Epaisseur de l'âme :	9 [mm]
Crémaillère :	Système :	Abt
	Longueur d'une lame :	1'800 [mm]
	Epaisseur d'une lame :	25 [mm]
	Hauteur d'une lame :	110 [mm]
	Distance transversale entre lame :	32 [mm]
	Disposition :	une lame pour les pentes : 0 < P < 40 [‰] deux lames pour les pentes : P ≥ 40 [‰]

Annexe 7

Extraits RTE 29700 - Ingénierie de système à crémaillère

1.4.2 Forme des dents des crémaillères à lames (Abt, Strub, Von Roll)

Pour le système de crémaillère Abt, seule une lame est parfois installée dans les tronçons peu inclinés. Lors du passage d'une à deux lames, les deux premières dents de la seconde lame, doivent être adaptées selon le dessin suivant. La justification se trouve au paragraphe 7.1.2.2. *Aiguillage de type II*.

5.6 Tolérances de montage et d'exploitation – Crémaillère et voie

5.6.1 Généralités

Les chapitres 5.2 *(Engrènement des roues dentées motrices)* et 5.4 *(Cinématique de l'engrènement)* l'ont montré, le respect de valeurs limites durant une exploitation sûre est indispensable pour permettre un fonctionnement correct des roues dentées et de la crémaillère et assurer un bon guidage par les roues et les rails. Ces tolérances ne doivent pas être dépassées, ni durant la fabrication, ni lors de la pose et ni lors des usures provoquées par l'exploitation.