



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

Domaine rail / navigation

Rapport final du Service d'enquête suisse sur les accidents SESA

sur la collision des trains 12976
et 4049

du 29 juillet 2013

à Granges-Marnand (VD)

N° reg.: 2013072902

Table des matières

Glossaire.....	5
Abréviations	5
Remarques générales sur le présent rapport	6
0 Résumé.....	6
0.1 Présentation succincte	6
0.2 Enquête	6
0.3 Causes.....	7
0.4 Recommandations de sécurité	7
1 Renseignements de base	8
1.1 Situation avant l'évènement	8
1.1.1 Historique, évolution des processus d'exploitation	8
1.1.2 Processus "Geste métier Départ du train"	8
1.1.3 Gare de Granges-Marnand.....	8
1.1.4 Déroulement de l'exploitation à Granges-Marnand	8
1.1.5 Chef-circulation	9
1.1.6 Mécanicien 12976, train régional Payerne – Lausanne	9
1.1.7 Mécanicien 4049, train RegioExpress Lausanne – Payerne	9
1.1.8 Circulation des trains	9
1.2 Déroulement de l'évènement	9
1.2.1 Chef-circulation	9
1.2.2 Train 12976, régional Payerne – Lausanne	10
1.2.3 Train 4049, RegioExpress Lausanne – Payerne.....	10
1.2.4 Vue aérienne et plans de situation avant et après la collision	11
1.2.5 Etat de l'appareil d'enclenchement et du local des relais après la collision	13
1.2.6 Moteur de l'aiguille 3.....	14
1.3 Dommages corporels	15
1.4 Dommages à l'infrastructure.....	15
1.5 Dommages au matériel roulant.....	15
1.5.1 Train 12976, rame "NPZ DO" à trois éléments	15
1.5.2 Train 4049, rame "NPZ" à quatre éléments	15
1.6 Dommages à des tiers	16
1.7 Dommages écologiques.....	16
1.8 Incendie	16
1.9 Personnes impliquées	16
1.9.1 Personnel de l'entreprise ferroviaire	16
1.9.2 Voyageurs	16
1.9.3 Tiers	16
1.10 Constatations médicales.....	16
1.11 Aspects concernant la survie	17
1.12 Véhicules ferroviaires	17
1.12.1 Train 12976.....	17

1.12.2	Train 4049.....	17
1.13	Constatations sur les véhicules ferroviaires.....	17
1.14	Véhicules routiers.....	17
1.15	Météo, état des rails	17
1.16	Installations ferroviaires et systèmes de sécurité	18
1.16.1	Installations ferroviaires	18
1.16.2	Systèmes de sécurité de l'infrastructure.....	18
1.16.3	Systèmes de sécurité des véhicules ferroviaires.....	19
1.17	Tachygraphe.....	19
1.17.1	Train 12976 (graphique tachygraphique, annexe 2).....	19
1.17.2	Train 4049 (copie de la bande tachygraphique, annexe 2).....	19
1.18	Transmission.....	20
1.19	Eléments complémentaires d'enquête.....	20
1.19.1	Système de contrôle de la marche des trains ZUB.....	20
1.19.2	Déclenchement de la ligne de contact.....	21
1.19.3	Situation météorologique	22
1.19.4	Particularité du signal avancé de sortie B* côté Payerne	22
1.19.5	Indications des croisements dans l'horaire de service LEA	22
1.19.6	Heures dans la marche des trains.....	23
1.19.7	Facteurs humains	23
2	Analyse.....	23
2.1	Aspects techniques.....	23
2.1.1	Infrastructure ferroviaire	23
2.1.2	Talonnage de l'aiguille 3.....	23
2.1.3	Visibilité à l'approche de la zone de la collision.....	24
2.1.4	Matériel roulant.....	24
2.2	Aspects d'exploitation.....	24
2.2.1	Processus d'exploitation	24
2.2.2	Evolution des processus d'exploitation	24
2.2.3	Système de contrôle de la marche des trains ZUB (chiffre 1.19.1)	25
2.2.4	Déclenchement de la ligne de contact	25
2.2.5	Situation météorologique (chiffre 1.19.3)	25
2.2.6	Influence du PN km 48.781 sur la signalisation côté Payerne.....	26
2.2.7	Indications des croisements dans l'horaire de service et le LEA (chiffre 1.19.5) ...	26
2.2.8	Heures dans la marche des trains (chiffre 1.19.6)	26
2.2.9	Geste métier (chiffre 1.1.2 et annexe 1).....	27
2.3	Aspects humains.....	27
3	Conclusions.....	28
3.1	Faits établis.....	28
3.1.1	Installations fixes	28
3.1.2	Matériel roulant.....	28
3.1.3	Train 12976, régional Payerne – Lausanne	28

3.1.4	Train 4049, RegioExpress Lausanne – Payerne.....	29
3.1.5	Exploitation.....	29
3.1.6	Particularités locales.....	29
3.1.7	Facteurs humains.....	29
3.2	Causes.....	30
3.3	Estimation des risques.....	30
4	Recommandations de sécurité.....	31
4.1	Déficit de sécurité.....	31
4.2	Mesures prises.....	31
4.3	Recommandations de sécurité.....	31
4.4	Remarques finales.....	32
	Annexe 1: extraits de prescription.....	33
	Annexe 2: Données tachygraphiques du train 12976.....	35
	Annexe 3: Bande tachygraphique du train 4049.....	37
	Annexe 4: Extraits des DE-OCF et du règlement CFF I 20027.....	38
	Annexe 5: Extraits des DE-OCF Ad art.: 37c et 37c.1.....	40
	Annexe 6: Extraits des DE-OCF Ad art.: 53.....	41

Glossaire

Aimant de voie	Dispositif inductif qui transmet un signal électrique sol-train.
Appareil d'enclenchement	Installation pour protéger, au niveau technique, les parcours des trains et des mouvements de manœuvre.
Aiguille / aiguillage	Appareil de voie.
Block	Elément de l'appareil d'enclenchement servant à protéger, au niveau technique, les trains de ceux de la même direction ou de sens inverse.
Chef-circulation	Agent chargé sous sa propre responsabilité de régler la circulation des trains et des mouvements de manœuvre et d'en assurer la sécurité.
Gare "en commande locale"	L'appareil d'enclenchement de la gare est desservi, sur place, par un Chef-circulation.
Gare "en transit"	L'appareil d'enclenchement de la gare n'est pas desservi. La gare n'est pas occupée et aucun croisement de train ne peut avoir lieu dans la gare.
Ligne de contact	Système d'alimentation électrique par voie aérienne.
Mécanicien	Personnel de locomotive, collaborateur apte à la conduite des véhicules moteurs en tous genres pour les tâches liées à la circulation et à la technique.
Signal de sortie de groupe	Signal de sortie valable pour plusieurs voies.

Abréviations

Généralités

BV	Bâtiment voyageur (gare).
CC	Chef-circulation.
CDA	Centre Directeur d'Alimentation des lignes de contact.
GSM-R	Téléphone mobile rail.
LC	Ligne de contact.
LEA	Système d'assistance du mécanicien; iPad, tablette ou ordinateur portable sur lequel le mécanicien consulte la marche du train ainsi que d'autres informations de service; fait office d'horaire de service.
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.
PCT	Prescriptions suisses de circulation des trains (R 300.1-.15).
Véhicules ferroviaires	
NPZ	"Neuer Pendelzug", en français "NTN", "Nouveau Train Navette.
NPZ DO	"Neuer Pendelzug Domino", l'adjonction du terme "Domino" indique qu'il s'agit d'une rame "NPZ modernisée".
RBDe	Automotrice 2 ^{ème} classe avec un espace fourgon.
ABt	Voiture de commande 1 ^{ère} et 2 ^{ème} classe.
Bt	Voiture de commande 2 ^{ème} classe.
AB	Voiture 1 ^{ère} et 2 ^{ème} classe.
B	Voiture 2 ^{ème} classe.
Dispositifs de sécurité	
Signum	Appareil d'arrêt automatique des trains inductif de type "Signum".
Euro-balises	Balise ETCS pour transmission d'un signal sol-train.
ETCS	European Train Control System.
Euro-ZUB	Télégramme ZUB transmis par une balise ETCS.
ZUB	Système de contrôle de la marche des trains.

Remarques générales sur le présent 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'art. 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.

0 Résumé

0.1 Présentation succincte

Le lundi 29 juillet 2013, à 18h44, les trains 12976, régional Payerne – Lausanne, et 4049, RegioExpress Lausanne – Payerne, sont entrés en collision sur l'aiguille 1 en gare de Granges-Marnand. Lors de la collision, le train 12976 avait une vitesse résiduelle de 60 km/h et le train 4049 de 45 km/h. Sur les 45 personnes qui se trouvaient dans les deux convois, 26 ont été blessées dont 6 grièvement. Le mécanicien du train 4049 est décédé sur place.

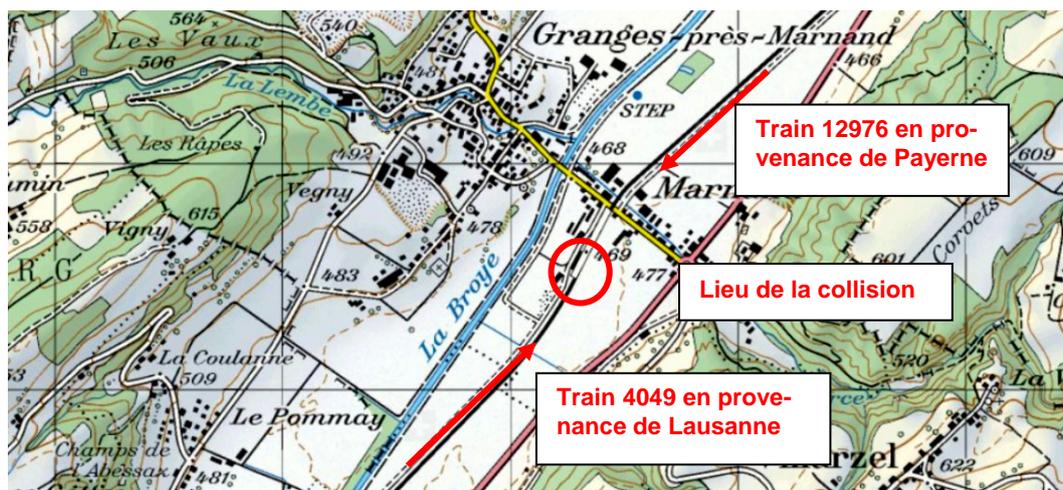


Illustration 1: situation locale (source: Map.geo.admin.ch).

0.2 Enquête

L'accident s'est produit le 29 juillet 2013 à 18h44. L'annonce a été transmise au SESA à 19h16. Le SESA s'est immédiatement rendu sur place et a mené l'enquête en collaboration avec la Police vaudoise.

Sur place, le SESA a effectué un relevé de l'état des lieux et de la situation sur l'appareil d'enclenchement et la salle des relais.

Dans un deuxième temps le SESA a pris connaissance des auditions du Chef-circulation et du mécanicien du train 12976, effectuées par la Police vaudoise, et procédé à l'interprétation des données tachygraphiques.

Le 2 septembre 2013, le SESA a procédé à l'audition du mécanicien du train 12976.

Finalement, le SESA s'est penché sur les éléments contributifs à l'accident tels que la génération des installations de sécurité, les processus de circulation des trains ainsi que les facteurs humains.

0.3 Causes

La collision s'est produite, car le train 12976 est parti de Granges-Marnand alors que le signal de sortie de groupe B présentait l'image "arrêt".

Ont contribué à l'évènement:

- L'absence d'équipements de sécurité modernes (ZUB) au niveau de l'infrastructure dans une gare de croisement équipée de signaux de sortie de groupe, située sur un tronçon à voie unique, où le double contrôle lors du départ du train n'est plus pratiqué. De ce fait, le système de contrôle de la marche des trains (ZUB) disponible en cabine de conduite est inactif en gare de Granges-Marnand.
- La mise en pratique du processus "Geste métier Départ du train" qui, par sa fréquence en trafic régional, peut engendrer un effet de routine, en particulier par la répétition de la formule "signal ouvert".
- Le processus en vigueur pour le déclenchement de la ligne de contact de la gare, qui occulte totalement la possibilité de déclencher la ligne de contact depuis l'appareil d'enclenchement.

Ont pu avoir une influence indirecte sur l'évènement:

- Les conditions météorologiques au moment du départ de Granges-Marnand.
- Le fait que signal avancé de sortie B* côté Payerne montre systématiquement "avertissement" aux trains avec ou sans arrêt en gare de Granges-Marnand.
- L'absence de l'indication des croisements dans la marche du train 12976.
- L'indication des heures dans la marche des trains.

0.4 Recommandations de sécurité

Le SESA recommande à l'OFT d'examiner les recommandations de sécurité suivantes:

Recommandation de sécurité n° 58

Equiper la gare de Granges-Marnand du système de contrôle de la marche des trains Euro-ZUB conformément aux directives de la réglementation CFF I 20027 version 3.0 du 01.02.2012.

Recommandation de sécurité n° 59

Lors de la fixation des priorités pour équiper les gares du système de contrôle de la marche des trains Euro-ZUB, donner plus de poids aux gares où les croisements de trains sont occasionnels et tenir compte de facteurs humains tels que, les dangers dus à la routine, au stress du personnel, à la marche du train, aux tours de service.

Recommandation de sécurité n° 60

Instruire le personnel sur le déclenchement d'urgence des lignes de contact aussi longtemps que la télécommande des gares n'est pas complètement centralisée, (occupation occasionnelle par un Chef-circulation) et que la possibilité de déclenchement d'urgence des lignes de contact reste fonctionnelle.

Recommandation de sécurité n° 61

Revoir la formulation ainsi que les étapes du processus "Geste métier Départ du train", afin de permettre une application sans équivoque dudit processus.

1 Renseignements de base

1.1 Situation avant l'évènement

1.1.1 Historique, évolution des processus d'exploitation

Lors de la mise en service du tableau à schéma de voies de l'appareil d'enclenchement de Granges-Marnand en 1975, tous les trains régionaux étaient accompagnés par du personnel des trains (chef de train, contrôleurs). La fermeture des portes des voitures n'était pas télécommandée. Les gares avec trafic voyageurs étaient desservies. Le Chef de gare ou Chef-circulation donnait l'autorisation de départ au mécanicien conformément aux prescriptions en vigueur.

Depuis, le processus de départ des trains a changé:

- Le système de fermeture des portes a été automatisé et sécurisé. Actuellement dans les trains régionaux, le mécanicien télécommande la fermeture des portes depuis sa cabine de conduite. Un voyant lumineux, lorsqu'il s'éteint, lui confirme que toutes les portes sont fermées.
- Les trains ne sont plus accompagnés par du personnel des trains.
- Dans la plupart des gares, à Granges-Marnand en particulier, le mécanicien décide seul du moment du départ, en fonction de l'horaire, du service voyageurs (débarquement et embarquement de ceux-ci) et de l'image des signaux. Avant la mise en mouvement du train, le mécanicien applique le processus "Geste métier Départ du train" décrit ci-après (chiffre 1.1.2).

Les conséquences de l'évolution des processus d'exploitation au point de vue de la sécurité ferroviaire sont analysées au chiffre 2.2.2 de ce rapport.

1.1.2 Processus "Geste métier Départ du train"

Les mécaniciens CFF disposent de la Directive P-OP-ZF P20003401 "Manuel du mécanicien" pour les aider dans l'application des diverses procédures inhérentes à leurs tâches professionnelles et aussi pour unifier les procédures.

Le "Manuel du mécanicien" contient un résumé ainsi qu'un extrait des prescriptions et des processus. Le chapitre 8 de ce manuel traite les "Gestes métier Personnel des locomotives" (P20003119). Le point 3 du chapitre 8 "Geste métier Départ du train" (annexe 1) prescrit les points à suivre avant la mise en mouvement du convoi. Ces points sont analysés au chiffre 2.2.9 de ce rapport.

1.1.3 Gare de Granges-Marnand

Du lundi au vendredi, à l'exception des jours fériés, la gare de Granges-Marnand est "en commande locale" de 06h00 à 10h20 et de 11h30 à 19h30. Pendant ces périodes, 6 trains régionaux ont un croisement (deux le matin et quatre l'après-midi). Le reste du temps, la gare n'est pas occupée et est "en transit".

A la sortie de la gare côté Moudon, juste après l'aiguille 1, la pleine voie décrit une courbe à droite (chiffre 1.2.4.4). Le jour de l'accident, la visibilité entre la gare et la pleine voie (et vice-versa) était masquée par quatre wagons marchandises garés sur la voie 3.

1.1.4 Déroulement de l'exploitation à Granges-Marnand

1.1.4.1 Tâches du Chef-circulation

Selon les règlements et les directives en vigueur, lorsque la gare est "en commande locale", le Chef-circulation établit les itinéraires trains et parcours de manœuvre sur l'appareil d'enclenchement. Il ne s'occupe pas du débarquement et de l'embarquement des voyageurs et ne transmet pas l'autorisation de départ aux trains avec arrêt prescrit.

1.1.4.2 Départ du train

Après un arrêt prescrit, lorsque les conditions réglementaires sont remplies, le mécanicien d'un train régional décide seul du moment du départ du train.

1.1.5 Chef-circulation

Selon la planification du service, le Chef-circulation aurait dû être en vacances la semaine considérée. En remplacement d'un collègue blessé, il a pris son service le 29 juillet 2013 à 11h30. Il était seul et sa journée s'est déroulée normalement jusqu'à l'accident.

1.1.6 Mécanicien 12976, train régional Payerne – Lausanne

Le 28 juillet 2013, le mécanicien a effectué le tour de service 124 de Lausanne (début à 13h58 et fin le lendemain à 00h32). Le 29 juillet 2013, il a pris son service à 12h23 à Lausanne, fait un tour de réserve jusqu'à 14h00, puis assuré les trains régionaux 12250 Vallorbe – 12259 Lausanne. Après une pause de 30 minutes environ, il a assuré le train régional 12965 jusqu'à Payerne. Là, lors de la préparation du train 12976 pour Lausanne, le mécanicien a introduit le numéro du train 12970 au lieu de 12976 dans son LEA; La marche du train 12970 indiquait sous "remarque": "arrêt à Trey et croisement à GM". Juste avant le départ de Payerne, constatant que l'heure indiquée par le LEA n'était pas la bonne, le mécanicien a introduit le numéro du train 12976. Pour cette marche, aucune information ne figurait concernant le croisement à GM. Il s'agissait de son dernier jour de travail avant un congé.

1.1.7 Mécanicien 4049, train RegioExpress Lausanne – Payerne

Le 28 juillet 2013, le mécanicien a effectué le tour de service 101 de Payerne (début à 14h32 et fin à 23h42). Le 29 juillet 2013, il a pris son service à 12h30 à Payerne. Après avoir assuré trois paires de train Payerne – Morat – Payerne, il a assuré un train régional jusqu'à Lausanne. Après une pause de 30 minutes environ, il a conduit le RegioExpress 4049 de Lausanne jusqu'au lieu de l'accident.

1.1.8 Circulation des trains

Le train régional 12976 Payerne – Lausanne circulait selon l'horaire de Payerne en direction de Moudon. Il avait un arrêt prescrit sur la voie 1 à Granges-Marnand. Ce train circule tous les jours.

Le train RegioExpress 4049 Lausanne – Palézieux – Payerne circulait selon l'horaire de Moudon à Payerne. Il devait franchir la gare de Granges-Marnand sans arrêt par la voie 2. Ce train circule du lundi au vendredi, sauf fêtes générales.

1.2 Déroutement de l'évènement

Vue aérienne, plan de situation et image des signaux principaux, voir chiffre 1.2.4.

1.2.1 Chef-circulation

Selon les déclarations du Chef-circulation (CC) à la Police vaudoise, il a établi l'itinéraire pour l'entrée en gare de Granges-Marnand du train 12976 et a mis le signal d'entrée D côté Payerne à voie libre. A ce moment, le signal avancé d'entrée D* et le signal principal d'entrée D présentaient l'image 1, voie libre (chiffre 1.2.4.2).

Après s'être assuré que le train 12976 était à quai, le CC a établi l'itinéraire du train 4049 pour le franchissement sans arrêt de la gare par la voie 2. A ce moment, les signaux avancés et principaux présentaient les images suivantes (chiffre 1.2.4.3): le signal avancé d'entrée A* côté Moudon l'image 3* (annonce de vitesse

60 km/h), le signal d'entrée A côté Moudon l'image 3 (exécution de vitesse 60 km/h), le signal avancé de sortie C* (sur le même mât que le signal d'entrée A) l'image 2* (annonce de vitesse 40 km/h) et le signal principal de sortie C côté Payerne l'image 2 (exécution de vitesse 40 km/h).

Tout à coup, le train 12976 s'est mis en mouvement et a accéléré alors que le signal annonciateur de voie libre était éteint et que le signal principal de sortie de groupe B présentait l'image "arrêt".

Le CC s'est alors précipité sur le quai, a gesticulé et donné des coups de sifflet à roulette pour attirer l'attention du mécanicien. Il n'a pas vu arriver le train en provenance de Moudon mais a entendu le bruit de la collision. Il a immédiatement informé la gare de Payerne de l'accident.

1.2.2 Train 12976, régional Payerne – Lausanne

Le train 12976 circulait à l'heure. Selon les déclarations du mécanicien à la Police vaudoise, l'arrêt à Granges-Marnand s'est déroulé normalement. Comme le signal de sortie de groupe B côté Moudon était au rouge, le mécanicien a mis les inverseurs sur "0" et refermé les rétroviseurs après avoir constaté que l'échange de voyageurs était terminé. Environ une minute plus tard, il lui a semblé que le signal de sortie était passé au vert. Il a alors entamé sa procédure de départ, mis le levier de commande des inverseurs sur "avant", ouvert les rétroviseurs pour un contrôle visuel, observé l'affichage "ZUB" et démarré le train en regardant devant lui. Tout à coup, il a aperçu le train qui venait en face. Il a immédiatement déclenché le freinage d'urgence et quitté la cabine de conduite vers le compartiment à bagages de l'automotrice. Selon les données tachygraphiques, le mécanicien a également donné un bref coup de sifflet. Malgré le freinage d'urgence, le train a talonné l'aiguille 3 et est entré en collision frontale avec le train 4049 sur l'aiguille 1. Après le choc, le mécanicien a pu quitter le véhicule par ses propres moyens. Il a appelé la police avec le téléphone portable d'un passager. Le mécanicien se demande pourquoi le Chef-circulation n'a pas déclenché la ligne de contact, ce qui aurait eu pour effet de couper l'effort de traction de son train (chiffre 1.19.2).

1.2.3 Train 4049, RegioExpress Lausanne – Payerne

Le train 4049 circulait à l'heure. La bande tachygraphique du train permet de déterminer que le mécanicien a effectué la réduction de vitesse pour l'entrée en gare à 60 km/h et qu'il a actionné le frein d'urgence 2 à 3 secondes avant la collision. Selon de nombreux témoignages recueillis sur place, un long coup de sifflet a retenti avant la collision. Le mécanicien est décédé à sa place de travail.

1.2.4 Vue aérienne et plans de situation avant et après la collision

1.2.4.1 Vue aérienne

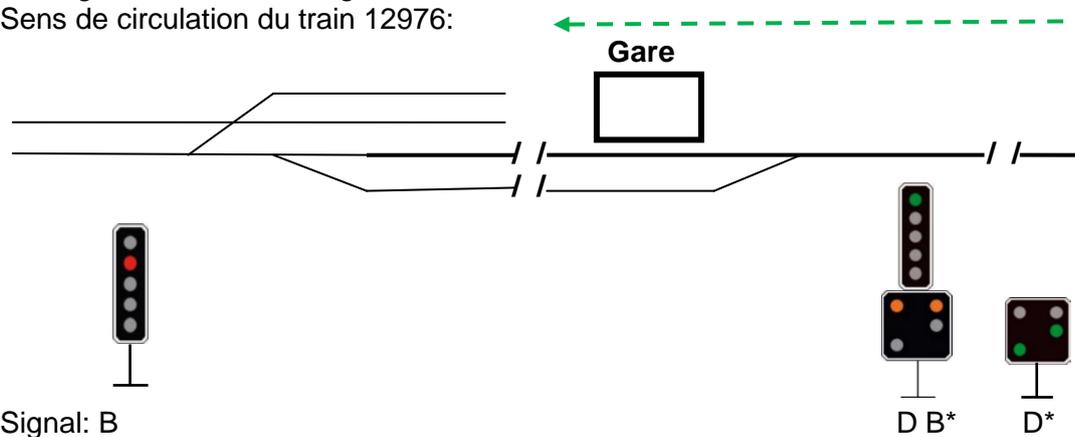


Illustration 2: vue aérienne de la gare de Granges-Marnand (source: Google Earth).



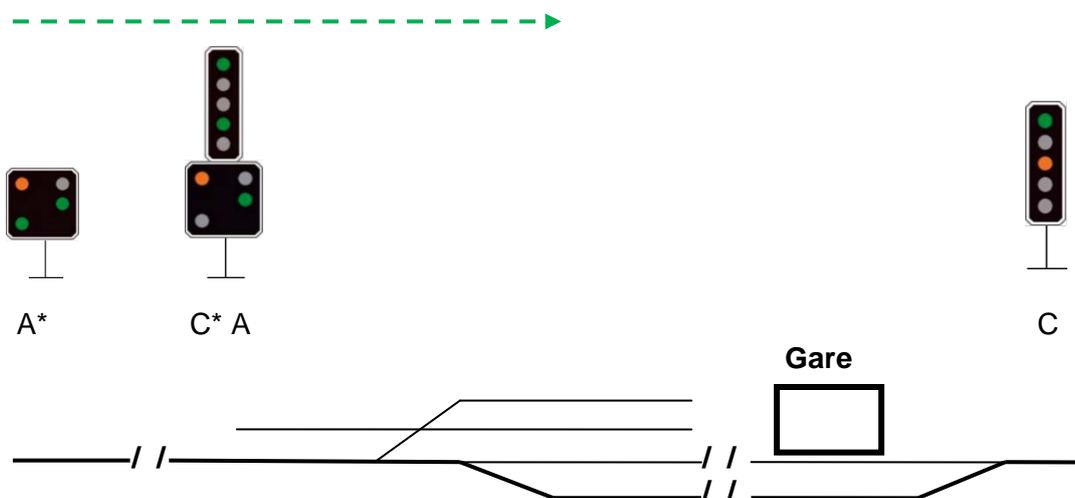
1.2.4.2 Plan synoptique des signaux pour l'entrée du train 12976 en gare de Granges-Marnand

Les signaux sont situés à gauche de la voie dans le sens de la marche.
Sens de circulation du train 12976:



1.2.4.3 Plan synoptique des signaux pour le franchissement de la gare de Granges-Marnand par le train 4049

Les signaux sont situés à gauche de la voie dans le sens de la marche.
Sens de circulation du train 4049:



1.2.4.4 Plan de situation après la collision

Vert: véhicules du train 4049.
 Rouge: véhicules du train 12976.
 Bleu: wagons marchandises garés.

Côté Moudon

Côté Payerne

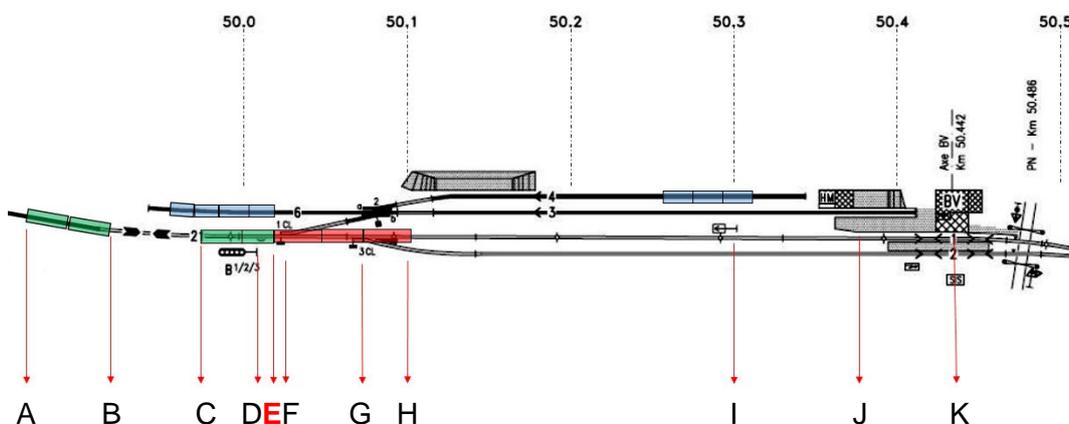


Illustration 3: plan synoptique après la collision (source: plan de gare CFF, adjonctions: SESA).

A: queue du train 4049, RBD De NPZ 562 002-6	Km: 49.886
B: train 4049, tête AB NPZ 50 85 39-35 113-2	Km: 49.935
C: train 4049, arrière B NPZ 50 85 20-35 605-8	Km: 49.992
D: signal de sortie de groupe B	Km: 50.016
E: point de collision, tête des trains 4049 et 12976	Km: 50.032
F: aiguille 1	Km: 50.035
G: aiguille 3	Km: 50.075
H: queue du train 12976, Abt NPZ DO 50 85 39-43 826-9	Km: 50.105
I: signal annonciateur de voie libre	Km: 50.310
J: tête du train 12976 lors de l'arrêt à Granges-Marnand	Km: 50.364
K: axe du bâtiment voyageurs	Km: 50.442

Après la collision, la tête des deux convois se trouvait au Km 50.032 (**E**); ce point kilométrique se situe à 410 m de l'axe du bâtiment voyageurs (BV) et à 16 m avant le signal principal de sortie de groupe B côté Moudon.



Illustration 4: photo de la collision au point km 50.032 (source: photo: Police vaudoise, adjonctions: SESA).

1.2.5 Etat de l'appareil d'enclenchement et du local des relais après la collision

Le contrôle de l'appareil d'enclenchement a révélé les éléments suivants:

- La touche de reprise du signal de sortie C direction Payerne était déplombée (action nécessaire pour libérer les barrières du PN de la gare).
- Les deux lampes témoins d'indication de la position de l'aiguille 3 étaient éteintes (illustration 5).
- Le fusible de l'aiguille 3 avait fondu (illustration 6).



Illustration 5: photo du poste d'enclenchement (source: SESA).



Illustration 6: fusible de l'aiguille 3 (source: SESA).

AV3: Interrupteur rotatif de commande de l'aiguille 3 avec les deux lampes témoins éteintes.

F: Fusible de l'aiguille 3, fondu.

Hormis ces trois éléments le SESA n'a rien constaté d'anormal sur l'appareil d'enclenchement et dans le local des relais. Aucun autre fusible n'était défectueux. Tous les plombs de sécurité étaient en place.

1.2.6 Moteur de l'aiguille 3

Le contrôle du bloc moteur de l'aiguille 3 a permis de constater que l'aiguille en question n'était pas en position verrouillée.

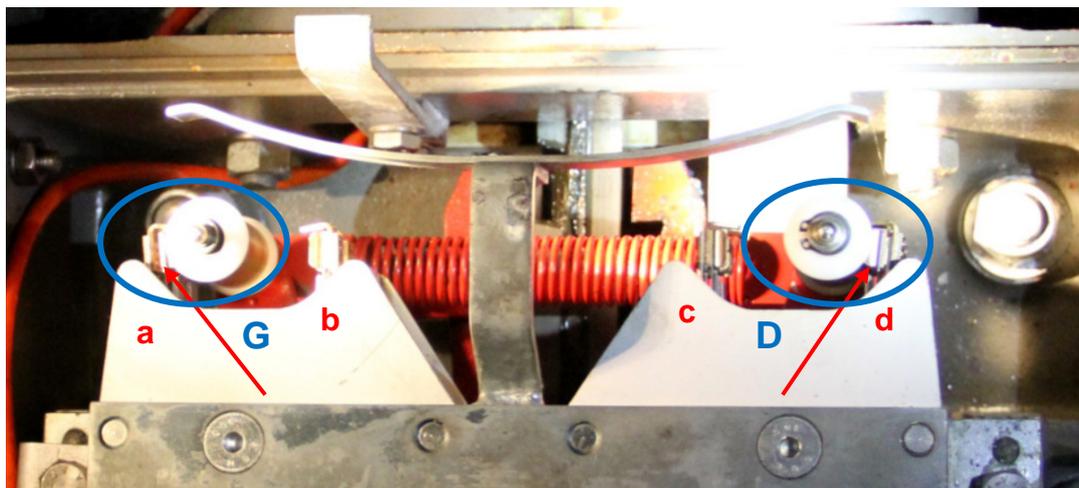


Illustration 7: photo du bloc moteur de l'aiguille 3; position des contacts **a** et **d** incorrecte (source: SESA).

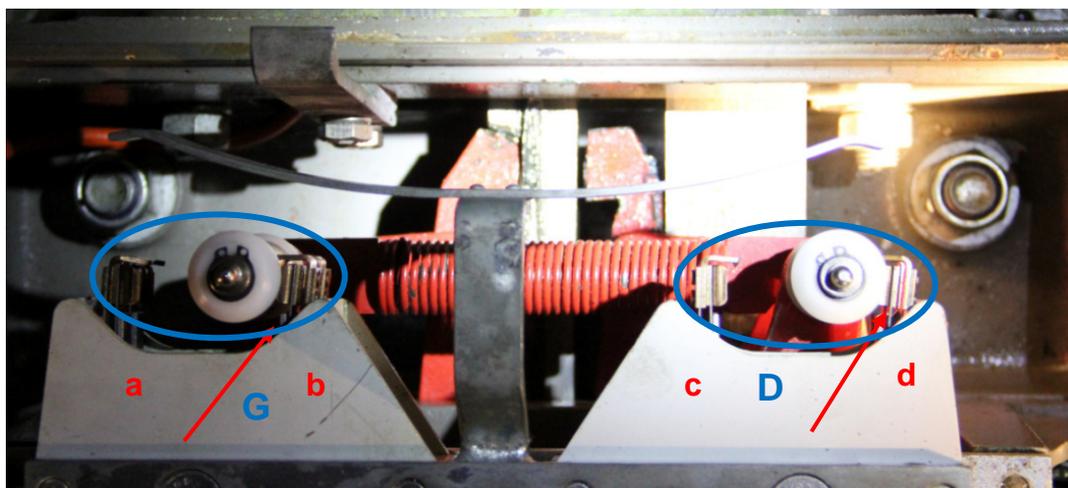


Illustration 8: photo du bloc moteur de l'aiguille 3; position des contacts **b** et **d** correcte (source: SESA).

- G:** Contacteur "gauche" avec plots de contact **a** et **b**.
- D:** Contacteur "droite" avec plots de contact **c** et **d**.
- a:** Plot de contact gauche du contacteur **G**.
- b:** Plot de contact droit du contacteur **G**.
- c:** Plot de contact gauche du contacteur **D**.
- d:** Plot de contact droit du contacteur **D**.

Sur l'illustration 7, le contact gauche "a" du contacteur "G" et le contact droite "d" du contacteur "D" sont fermés. Cette disposition des contacts est incorrecte et montre que l'aiguille n'est pas verrouillée dans une position définie. En position normale, ces contacts doivent montrer l'image de l'illustration 8: les deux contacts de droite "b" et "d" (ou de gauche "a" et "c") doivent être fermés simultanément.

Les constatations décrites ci-dessus et au chiffre 1.2.5 démontrent que l'aiguille 3 a été talonnée (chiffre 2.1.2).

1.3 Dommages corporels

	<i>Personnel ferroviaire</i>	<i>Voyageurs</i>	<i>Tiers</i>
Légerement blessé	1	19	-
Grièvement blessé	-	6	-
Mortellement blessé	1	-	

1.4 Dommages à l'infrastructure

Hormis de légers dégâts à la voie, aux aiguilles 1 et 3 et aux caniveaux à l'endroit de la collision, l'infrastructure ferroviaire n'a pas été endommagée.

1.5 Dommages au matériel roulant

Tous les véhicules impliqués dans la collision appartiennent à :

CFF Voyageurs
3000 Berne

L'estimation des dommages au matériel roulant s'élève à environ 10 millions CHF.

1.5.1 Train 12976, rame "NPZ DO" à trois éléments

- RBD De NPZ DO 560 213-1, véhicule de tête: bogie arrière côté Payerne pas déraillé; bogie avant côté Moudon déraillé des 2 essieux et séparé de la caisse qui s'est soulevée. Paroi frontale et cabine de conduite écrasées. Dégâts importants à l'aménagement intérieur.
- B NPZ DO 50 85 29-43 163-9: pas déraillé; longerons et parois latérales déformés vers les portes d'embarquement; dégâts importants à l'aménagement intérieur.
- ABt NPZ DO 50 85 39-43 826-9, véhicule de queue: pas déraillé; pas de dégâts extérieurs apparents; divers dégâts à l'aménagement intérieur.

1.5.2 Train 4049, rame "NPZ" à quatre éléments

- Bt NPZ 50 85 29-35 950-9, véhicule de tête: les 10 premiers mètres de la Bt ne sont qu'un amas de ferraille d'une longueur de 2 m environ; bogie avant séparé de la caisse et encastré dans le bogie de l'automotrice RBD De 560 213-1 collisionnée; bogie arrière non déraillé; intérieur du Bt détruit.
- B NPZ 50 85 20-35 605-8: les deux bogies ont déraillé; le chaudron de la caisse présente une cassure entre le compartiment voyageur et la plate-forme côté Moudon; importants dégâts à l'équipement intérieur; lors de la collision, l'attelage entre les voitures B et AB s'est décroché sans que l'attelage ne se soit cassé; la ligne de train et le câble de conduite multiple ont été arrachés; le câble de raccord de la ligne de train pendait à la voiture B et reposait sur le ballast.
- AB NPZ 50 85 39-35 113-2 (immobilisé 57 m derrière la voiture B): bogies pas déraillés; crochet et boucle d'attelage en ordre; le câble de conduite multiple était encore fixé à la prise; la boîte de connexion côté B était arrachée; dégâts importants à l'équipement intérieur.
- RBD De NPZ 562 002-6, véhicule de queue: bogies pas déraillés; pas de dégâts extérieurs apparents; dégâts importants à l'équipement intérieur.

1.6 Dommages à des tiers

Aucun.

1.7 Dommages écologiques

Aucun.

1.8 Incendie

Aucun incendie ne s'est déclaré.

1.9 Personnes impliquées

1.9.1 Personnel de l'entreprise ferroviaire

Dans le cadre de l'enquête, les temps de travail et de repos des personnes impliquées ont été respectés.

1.9.1.1 Chef-circulation

Chef de circulation CFF, année 1962
Permis C de Chef-circulation valable pour Granges-Marnand (permis CFF).

1.9.1.2 Mécanicien train 4049

Mécanicien CFF; année 1982.
Permis OFT cat. B, valable.

1.9.1.3 Mécanicien train 12976

Mécanicien CFF; année 1959
Permis OFT cat. B, valable
Connaissance de ligne acquise

1.9.2 Voyageurs

La liste des voyageurs blessés a été établie par les CFF et la police.

1.9.3 Tiers

Aucun tiers n'est impliqué dans cet accident.

1.10 Constatations médicales

Le contrôle de l'alcoolémie des personnes impliquées était négatif (0,00‰).

Aucun élément concernant l'état de santé du personnel de l'entreprise ferroviaire aurait pu avoir une influence sur le déroulement de l'accident.

1.11 Aspects concernant la survie

Les rames NPZ (train 4049) ont été mises en service dès 1987. Les voitures intermédiaires ont été mises en service dans les années 1960 et ont été adaptées aux rames NPZ dans le cadre des révisions.

Les rames NPZ DO (train 12976), tout en gardant les structures de base des automotrices et des voitures de commande NPZ, ont été modernisées à partir de 2005. Les voitures intermédiaires, à plancher surbaissé, sont une construction nouvelle.

Tous les véhicules impliqués dans la collision ont été homologués par l'OFT et correspondent aux normes de construction de l'époque. Les cabines de conduite de l'automotrice RBDe NPZ DO 560 213-1 et de la voiture de commande Bt NPZ 50 85 29-35 950-9 disposaient d'un chemin de fuite qui mène dans le compartiment à bagages de l'automotrice et le compartiment voyageurs de la voiture de commande (DE-OCF, Ad art. 53.1 chiffre 5, annexe 6).

1.12 Véhicules ferroviaires

1.12.1 Train 12976

Rame NPZ DO à trois éléments; automotrice en tête.
Tare 157 t; catégorie de freinage R135; longueur 75 m.

RBDe NPZ DO 560 213-1, véhicule de tête.
B NPZ DO 50 85 29-43 163-9.
ABt NPZ DO 50 85 39-43 826-9, véhicule de queue.

1.12.2 Train 4049

Rame NPZ à 4 éléments; voiture de commande en tête.
Tare 167 t; catégorie de freinage R125; longueur 97 m.

Bt NPZ 50 85 29-35 950-9, véhicule de tête.
B NPZ 50 85 20-35 605-8.
AB NPZ 50 85 39-35 113-2.
RBDe NPZ 562 002-6, véhicule de queue.

1.13 Constatations sur les véhicules ferroviaires

Les véhicules ferroviaires mentionnés au chiffre 1.12 ont été contrôlés visuellement sur les lieux de l'accident par le SESA. Ces contrôles n'ont fait apparaître aucune irrégularité, hormis les dégâts importants provoqués par la collision. Tous les freins des véhicules étaient en service.

1.14 Véhicules routiers

Aucun véhicule routier n'est impliqué dans cet accident.

1.15 Météo, état des rails

Temps très nuageux avec éclaircies. Rails humides. Selon les déclarations du mécanicien 12976 à la Police vaudoise, au moment du départ, les rayons de soleil apparaissaient entre les nuages; le soleil était "blanc" et la luminosité intense en direction du signal de sortie de groupe B.

1.16 Installations ferroviaires et systèmes de sécurité

Le plan schématique des voies de la gare est représenté au chiffre 1.2.4.4 ci-dessus, illustration 3.

1.16.1 Installations ferroviaires

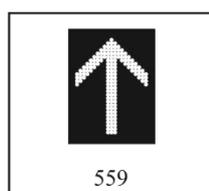
La gare de Granges-Marnand est située sur la ligne à simple voie qui relie Palézieux à Payerne. Il s'agit d'une gare avec service voyageurs et marchandises. Le service voyageurs s'effectue exclusivement sur la voie 1. La voie 2 d'une longueur utile de 335 m sert de voie de dépassement. Les voies 3, 4 et 6 servent à la desserte de marchandises.

1.16.2 Systèmes de sécurité de l'infrastructure

La gare est équipée d'un appareil d'enclenchement de type "Intégra vertical à manettes", tableau à schéma de voies "Domino 55" sans signaux nains. L'appareil d'enclenchement possède une technologie datant de 1955. Selon le plan des Installations de sécurité CFF en vigueur, le tableau à schéma de voies a été mis en service en 1975. L'installation peut être desservie en "commande locale" ou mise "en transit". Lors de l'accident, l'installation était en "commande locale". La gare ne dispose pas du système de contrôle de la marche des trains ZUB.

La gare dispose côté Moudon du signal de sortie de groupe B. Ce signal est placé après le signal limite de garage des voies 1 et 2; les aimants de voie "Signum" sont situés après le signal.

Le signal de sortie de groupe B est implanté à 426 m de l'axe du bâtiment voyageur. Pour les trains en direction de Moudon avec arrêt à Granges-Marnand, le signal de sortie est à plus de 300 m du point d'arrêt usuel des trains régionaux. Lorsqu'il y a du brouillard, le mécanicien ne voit pas l'image du signal de sortie. Pour améliorer cette situation, un signal annonciateur de voie libre a été implanté au km 50.310, soit entre 60 et 80 m après le point d'arrêt des trains.



Signification lorsque la flèche est allumée:

Le signal principal correspondant présente une image de voie libre à partir de cette voie.

Illustration 9: signal annonciateur de voie libre (source: PCT, R300.2, chiffre 5.3.5).

Trois passages à niveau (PN) avec barrières et feux clignotants sont centralisés sur l'appareil d'enclenchement: il s'agit des PN de l'avenue de la Gare de Granges-Marnand au km 50.485, de la "STEP" au km 48.781 et de la Halte d'Henniez au km 47.150. Le signal de sortie B ne peut être mis à voie libre que lorsque le PN du km 48.781 est fermé.

La pleine voie est équipée d'un block à courant continu pour ligne à simple voie. Les signaux avancés et principaux sont équipés d'aimants de voie "Signum".

1.16.3 Systèmes de sécurité des véhicules ferroviaires

Les automotrices et voitures de commande des deux trains sont équipées du système d'arrêt automatique des trains inductif du type "Signum". De plus, elles disposent également du système de contrôle de la marche des trains ZUB 121 et de son complément ETM permettant la lecture des "Euro-balises".

1.17 Tachygraphe

1.17.1 Train 12976 (graphique tachygraphique, annexe 2)

L'automotrice RBDe NPZ DO 560 213-1 est équipée d'un indicateur de vitesse du type HASLER TELOC 1500 avec enregistrement électronique des données.

Le bloc d'enregistrement des données tachygraphiques (boîte noire) a été transmis au SESA par la Police vaudoise le 31 juillet 2013. Le retrait des données a été effectué par les CFF le même jour, en présence d'un enquêteur SESA.

Les données tachygraphiques révèlent les points suivants:

- Un décalage de 2 h 03 min existe entre l'heure enregistrée et l'heure suisse (voir annexe 2, page 2). Les heures mentionnées ci-après sont des heures corrigées.
- Le train est arrivé à 18h43 à Granges-Marnand.
- Le train est reparti après un arrêt de 39 secondes.
- L'accélération du train déterminée graphiquement est de 0.36 m/s².
- Le freinage d'urgence a été déclenché à la vitesse de 69 km/h, 68 m, respectivement 4 secondes avant la collision.
- Un bref coup de sifflet est enregistré 3 secondes avant la collision.
- Lors de la collision, le train circulait encore à la vitesse de 60 km/h.
- La collision s'est produite à 18h44.
- Le train a parcouru 332 m depuis l'arrêt en gare.

1.17.2 Train 4049 (copie de la bande tachygraphique, annexe 2)

La voiture de commande Bt NPZ 50 85 29-35 950-9, située en tête du train, est équipée d'un indicateur de vitesse du type TELOC 2000 sans enregistrement.

L'automotrice RBDe NPZ 562 002-6, située en queue du train, est équipée d'un indicateur de vitesse du type TELOC "2000 S" avec enregistrement sur bande tachygraphique.

La bande tachygraphique montre que:

- L'horloge du TELOC "2000 S" n'était pas réglée. Au moment de la collision elle indiquait 23 h 59 min au lieu de 18 h 44 min. L'heure de la collision a pu être déterminée par l'enregistrement des temps de parcours de l'exploitation.
- Aucune marque "Signum" n'est enregistrée sur la bande lorsque la composition circule avec la voiture de commande en tête (trajet Lausanne – Payerne); cette marque est enregistrée lorsque le train circule dans l'autre direction et que l'automotrice est en tête. Ce défaut existait déjà le 24 juillet 2013, date où la bande tachygraphique a été montée dans le tachygraphe (voir remarque ci-après).
- Lors de l'entrée en gare, le train circulait à 59 km/h et respectait la vitesse de 60 km indiquée par le signal d'entrée.

- Le freinage d'urgence a été déclenché à la vitesse de 58 km/h, environ 2 secondes avant la collision.
- La collision s'est produite à environ 45 km/h.
- Après la collision, un trajet de 57 m est enregistré; il s'agit du mouvement de recul généré par le choc sur les deux derniers véhicules du convoi.

Sur ce type d'enregistreur, le sifflet du train n'est pas enregistré.

Remarque:

Les indications de la bande tachygraphique sont des éléments essentiels à l'analyse d'un évènement; l'absence de marque "Signum" peut selon les circonstances fausser les résultats d'une enquête.

Dans le cas de la collision de Granges-Marnand, l'absence des marques "Signum" n'a eu aucune conséquence sur le déroulement et l'analyse de l'évènement.

1.18 Transmission

L'automotrice RBDe NPZ DO 560 213-1 du train 12976 était équipée de la radio "Cab-radio" GSM-R. Le mécanicien disposait d'un téléphone mobile GSM-R.

La voiture de commande Bt NPZ 50 85 29-35 950-9 du train 4049 était équipée de la radio "Cab-radio" GSM-R. Le mécanicien disposait d'un téléphone GSM-R.

Le contenu des conversations n'est pas enregistré. En revanche, l'établissement et la réception d'une communication sont enregistrés avec date et heure. Selon le relevé fourni par les CFF, aucune communication n'a été établie ou reçue sur l'appareil "Cab-radio" du train 12976.

Sur demande du SESA à la Police vaudoise, Swisscom a procédé au contrôle de l'utilisation du téléphone mobile du mécanicien du train 12976. Aucune communication n'a été établie ou reçue pendant la marche du train 12976.

1.19 Eléments complémentaires d'enquête

1.19.1 Système de contrôle de la marche des trains ZUB

Depuis les années 1990, le système de contrôle de la marche des trains ZUB complète, selon un programme établi, le système inductif de l'appareil d'arrêt automatique des trains "Signum". Le ZUB est un système de sécurité "proactif" qui contrôle ponctuellement la vitesse d'un train à un endroit déterminé, comme l'arrêt devant un signal principal montrant l'image "arrêt". Avec le système ZUB, les aimants de voie "Signum" sont complétés ou remplacés par des balises ZUB ou Euro-ZUB. Les véhicules moteurs ou voitures de commandes doivent être équipés en conséquence.

Depuis les années 2000, pour déterminer le niveau de risque et par conséquent le bienfondé de l'implantation des balises ZUB pour le contrôle de la marche des trains, les CFF avaient recours à différentes méthodes de calcul (méthode Ernst Basler & Partner, programme 4S des CFF). Selon ces méthodes de calcul, la gare de Granges Marnand n'était pas prioritaire pour l'implantation des balises ZUB.

Depuis le 1^{er} février 2012, le règlement CFF I 20027 version 3.0 fixe des nouveaux critères pour l'implantation des balises Euro-ZUB qui correspondent aux nouvelles exigences des DE-OCF, Ad. Art. 39.3c, chiffre 2.2 (annexe 4).

1.19.2 Déclenchement de la ligne de contact

Le 16 septembre 2013, une nouvelle collision a failli se produire à Granges-Marnand (rapport d'enquête SESA N° reg.: 2013091602). La collision a été évitée parce que le Chef-circulation a procédé au déclenchement d'urgence de la ligne de contact. Cette procédure contredit les déclarations faites au SESA lors de l'accident du 29 juillet 2013. Les raisons de ce changement sont décrites ci-après.

1.19.2.1 Historique

Lors de la mise en service du tableau à schéma de voie, en 1975, deux touches protégées contre une manipulation intempestive permettaient le déclenchement d'urgence des LC.



Touches de déclenchement de la ligne de contact

Illustration 10: photo de l'appareil d'enclenchement (source: SESA).

Avec la fermeture ou la mise en télécommande successive des gares, ces touches ont été progressivement désactivées, parfois même supprimées.

Avec la mise en service du Centre Directeur d'Alimentation des lignes de contact (CDA) les processus de déclenchement LC ont été adaptés.

1.19.2.2 Situation au 29 juillet 2013

Pour le Chef-circulation, les touches de déclenchement LC du poste d'enclenchement étaient désactivées. Pour procéder au déclenchement LC, il avait deux possibilités:

- Appeler le CDA et demander le déclenchement des LC de la gare et la pleine voie côté Moudon
- Procéder au déclenchement local des LC en activant le tableau LC se trouvant dans une armoire fermée à clé située dans le bureau de gare.

Quelle que soit l'option choisie, le déclenchement de la LC n'aurait pas été immédiat.

1.19.2.3 Contrôles effectués les 5 et 6 août 2013 par les CFF

Suite à la collision du 29 juillet 2013, le chef de team I-B Broye a testé l'état des touches de déclenchement d'urgence LC sur les appareils d'enclenchement des gares de son secteur. Lors de ce contrôle, il s'est avéré, à Granges-Marnand, que les touches étaient encore actives. A Lucens et Châtillens les touches étaient présentes mais inactives.

1.19.2.4 Situation depuis les contrôles des 5 et 6 août 2013

Dans les gares où les touches de déclenchement d'urgence sont encore actives sur l'appareil d'enclenchement, le personnel qui assume la fonction de Chef-circulation a été informé en conséquence. Dans les autres gares, les touches inactives ont été recouvertes et marquées comme inactives.

1.19.3 Situation météorologique

Selon un document de la Faculté des Sciences de l'Université de Genève, transmis par la Police vaudoise, la position du soleil le 29 juillet 2013 à 18h45 se trouvait:

- À une hauteur de 22°32'.
- À 273° d'azimut compté depuis le nord.

L'azimut 273° correspond à un angle d'environ 65° sur la droite par rapport au sens de marche du train 12976.

Le 31 juillet 2013 vers 18h40, par un temps sans nuage, le SESA s'est rendu à Granges-Marnand pour observer les conditions d'ensoleillement depuis la cabine de conduite du train 12976. Les rayons de soleil n'entraient pas directement dans la cabine de conduite et, ce jour-là, n'altéraient pas la vue du signal de sortie.

1.19.4 Particularité du signal avancé de sortie B* côté Payerne

Un passage à niveau gardé avec barrières et feux clignotants est situé au km 48.781, soit 1,235 km après le signal de sortie de groupe B de la gare de Granges-Marnand côté Moudon.

Avant de mettre le signal de sortie de groupe B (km 50.016) et le signal avancé correspondant B* (km 50.890) à voie libre, il faut que le PN du km 47.781 soit fermé. Les DE-OCF Ad art. 37c et 37c.1 (annexe 5) fixent les critères temps pour le fonctionnement du PN.

L'application de ces directives a la conséquence suivante sur le signal avancé de sortie B*:

Tous les trains, avec arrêt ou non à Granges-Marnand, franchissent le signal avancé de sortie B* en position d'avertissement (chiffre 2.2.6). Au franchissement de ce signal, le mécanicien doit quitter l'appareil d'arrêt automatique des trains "Signum". Lorsque le train arrive en gare et qu'il n'y a pas de croisement, ce qui est le cas la plupart du temps, le signal de sortie B est à voie libre.

1.19.5 Indications des croisements dans l'horaire de service LEA

Auparavant, jusqu'en 2002, dans les gares équipées de signaux de sortie de groupe, les trains entrant en gare avec signal de sortie fermé pouvaient circuler jusque devant le signal de sortie de groupe. Un signe "V", porté dans l'horaire de service, indiquait au mécanicien qu'un croisement était prévu dans cette gare. Dans ces cas, le mécanicien devait s'arrêter, au plus tard, avant le signal limite de garage de sa voie d'entrée.

Depuis la centralisation de la gestion du trafic, les prescriptions de circulation ont changé. Dès lors, l'indication des croisements "V" n'est plus indispensable au déroulement de la circulation des trains et n'est plus mentionnée dans les horaires de service, ni dans les LEA (chiffre 2.2.7).

1.19.6 Heures dans la marche des trains

L'heure de départ du train 12976 à Granges-Marnand est fixée à 18h42.

L'heure de passage du train 4049 à Granges-Marnand est fixée à 18h45.

Ces heures sont correctes et sont dictées par l'horaire dans sa globalité. En conséquence, selon l'horaire établi, lorsqu'un croisement est prévu, le train quitte Granges-Marnand avec du retard (chiffre 2.2.8).

1.19.7 Facteurs humains

Dans l'exercice de la profession, le personnel des locomotives est soumis à toutes sortes d'éléments perturbateurs tels qu' horaires irréguliers, impondérables techniques et d'exploitation, routine, fatigue, etc. qui peuvent engendrer du stress et favoriser une défaillance humaine. Le 2 octobre 2013, le SESA a auditionné le mécanicien du train 12976 au sujet de ses conditions de travail le jour de l'accident.

De cette audition, il ressort que le mécanicien se sentait bien, n'était pas stressé, était à la veille d'un congé. Il était néanmoins conscient que l'heure officielle de départ de Granges-Marnand (18h42) était passée, bien qu'il soit parti à l'heure de Payerne et qu'il ait bien roulé.

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

2.1.1 Infrastructure ferroviaire

La gare de Granges-Marnand est équipée du dispositif d'arrêt automatique des trains de type "Signum" avec différenciation "avertissement" / "arrêt". Elle n'est pas équipée du système de contrôle de la marche des trains ZUB. Côté Moudon, le signal de sortie de groupe B valable pour les voies 1 et 2 est situé après l'aiguille de sortie. L'aimant de voie "Signum" est placé après le signal en question.

Au passage du signal avancé de sortie B* à l'"avertissement", une impulsion est transmise de l'aimant de voie "Signum" à la cabine de conduite. Cela déclenche, en cabine de conduite, un signal acoustique que le mécanicien doit quitter. Du signal avancé de sortie B* jusqu'au signal de sortie de groupe B, aucun signal sol-train ne peut être transmis à la cabine de conduite. Par conséquent, le mécanicien ne peut pas recevoir d'information l'avertissant qu'il se dirige vers un signal montrant l'image "arrêt" et aucun dispositif technique ne peut provoquer le freinage d'urgence du train.

Avec le système de contrôle de la marche des trains ZUB, lors de la mise en mouvement du train devant un signal principal fermé, un signal optique et acoustique aurait été émis en cabine de conduite. Ce signal aurait attiré l'attention du mécanicien qui aurait dû arrêter immédiatement le train. Dans le cas contraire, le freinage d'urgence du train se serait déclenché.

Les systèmes de sécurité de l'infrastructure ont fonctionné correctement. En l'état, les systèmes de sécurité sans contrôle de la marche des trains ZUB sont conformes aux DE-OCF, Ad. art. 39.3c, chiffre 2 (annexe 4).

2.1.2 Talonnage de l'aiguille 3

Lorsque le train 12976 a talonné l'aiguille 3, le fusible de cette aiguille a fondu et le voyant lumineux d'indication de la position de l'aiguille s'est éteint (chiffre 1.2.5, fi-

gure 2 et 3). L'appareil d'enclenchement a automatiquement fait retomber le signal d'entrée A côté Moudon. A à ce moment, le train 4049 avait déjà franchi ce signal.

Dans ce cas de figure, l'appareil d'enclenchement a fonctionné correctement.

2.1.3 Visibilité à l'approche de la zone de la collision

A la sortie de la gare de Granges-Marnand côté Moudon, la pleine voie décrit une légère courbe vers la droite. A cet endroit, quatre wagons marchandises garés sur la voie 3 ont masqué la visibilité des mécaniciens 12976 et 4049 sur les tronçons respectifs à parcourir. Ils se sont vus au dernier moment.

Garer des wagons marchandise sur la voie 3 est autorisé sans restriction. Sans ces wagons, les mécaniciens se seraient vraisemblablement aperçus quelques instants plus tôt, mais la collision n'aurait pas pu être évitée.

2.1.4 Matériel roulant

Avant la collision, le matériel roulant était en ordre, les freins de tous les véhicules des deux trains fonctionnaient. Les cabines de conduite de l'automotrice du train 12976 et de la voiture de commande du train 4049 disposaient d'un chemin de fuite.

Les systèmes de sécurité des véhicules ferroviaires ne sont pas en cause dans l'accident.

2.2 Aspects d'exploitation

2.2.1 Processus d'exploitation

Le Chef-circulation (CC) a suivi les processus usuels de l'exploitation:

- Après l'arrêt à quai du train 12976, il a établi l'itinéraire pour le passage sans arrêt du train 4049.
- Selon les processus en vigueur, le CC n'a pas donné l'autorisation de départ au mécanicien 12976.

Au départ inopiné du train 12976, le CC a réagi de façon adaptée à la situation en courant sur le quai et en essayant d'attirer l'attention du mécanicien par des coups de sifflet à roulette et en gesticulant:

- Le CC ne dispose pas de procédure d'urgence particulière pour arrêter un train ou mouvement de manœuvre qui démarre sans autorisation.
- Le déclenchement d'urgence de la LC en actionnant les touches correspondantes de l'appareil d'enclenchement n'est pas décrit dans le manuel BF de Granges-Marnand.
- Pour le CC, les touches de déclenchement de la LC de l'appareil d'enclenchement étaient désactivées.

2.2.2 Evolution des processus d'exploitation

Les processus d'exploitation et, en particulier, ceux du départ des trains ont évolué alors que les installations de sécurité de la gare de Granges-Marnand (et d'autres gares similaires) sont restées en l'état.

Auparavant, la responsabilité du départ du train était partagée par le Chef-circulation et le mécanicien (principe du double contrôle). Le Chef-circulation établissait l'itinéraire du train, mettait le signal de sortie à voie libre et transmettait l'au-

torisation de départ au mécanicien. Le mécanicien observait le signal de sortie et ne démarrait le train qu'après avoir reçu l'autorisation de départ du Chef-circulation.

Désormais, la responsabilité du départ du train incombe au seul mécanicien.

Côté Infrastructure, l'appareil d'enclenchement garantit la concordance entre l'itinéraire du train établi et l'image des signaux. Le Chef-circulation dispose d'un dispositif technique pour le soutenir dans sa tâche. Côté conduite des trains, dans les gares non équipées du système de contrôle de la marche des trains ZUB, le mécanicien ne dispose pas d'un dispositif de surveillance lors du départ du train.

Pour le SESA, le processus actuel de départ des trains constitue un déficit de sécurité par rapport à l'ancien. Ce déficit de sécurité peut être éliminé par l'implantation du système de contrôle de la marche des trains ZUB.

Depuis l'accident, les CFF ont introduit, par la réglementation I-B 25/13 "Mesures dans le processus de départ" (chiffre 4.2), le principe du double contrôle pour l'expédition des trains dans certaines gares lors de croisements. Cette mesure est valable pour Granges-Marnand et les gares similaires. Elle comble partiellement le déficit de sécurité observé dans les gares concernées.

2.2.3 Système de contrôle de la marche des trains ZUB (chiffre 1.19.1)

Le règlement CFF I 20027 fixe des critères techniques clairs pour l'implantation des balises ZUB. Selon ces nouveaux critères, environ 1700 points du réseau ferroviaire CFF devront être équipés de balises Euro-ZUB d'ici 2018. Selon la planification des CFF, la gare de Granges-Marnand devrait être équipée en octobre 2016. Actuellement, les installations de sécurité de la gare satisfont aux exigences des DE-OCF, Ad. art. 39.3c, chiffre 2 (annexe 4) d'une gare qui n'est pas équipée du ZUB.

Dans la fixation des priorités pour la mise en place des balises Euro-ZUB sur les 1700 points du réseau, il serait pertinent, tout en respectant les critères du règlement CFF I 20027, de donner plus de poids aux gares où des croisements de trains sont occasionnels et de tenir compte de facteurs humains tels que les dangers dus à la routine, au stress du personnel (densité du trafic, heures de pointe, écoliers), à la marche du train (horaires tendus, détendus), aux tours de service (variés, exclusivement trains régionaux).

2.2.4 Déclenchement de la ligne de contact

L'enquête succincte menée par le SESA, résumée au chiffre 1.19.2 ci-dessus, montre un manque de systématique dans la procédure de déclenchement d'urgence des lignes de contact LC par le CC dans les gares desservies et un manque d'information entre les services LC et I-BF concernés.

A terme, la majeure partie des déclenchements LC seront effectués par les Centre Directeur d'Alimentation "CDA". Dans la phase de mise en place de ces commandes à distance, spécialement dans les gares où la circulation des trains se fait en commande locale, les touches de déclenchement d'urgence des LC devraient subsister et être activées. Les CC devraient être instruits en conséquence.

2.2.5 Situation météorologique (chiffre 1.19.3)

La Faculté des Sciences de l'Université de Genève a déterminé la position exacte du soleil le jour et à l'heure de l'accident. Par temps sans nuage, les enquêteurs SESA ont constaté que les rayons du soleil ne gênaient pas la visibilité depuis la cabine de conduite. Toutefois, au moment de la collision, les conditions atmosphériques étaient différentes. Selon les déclarations du mécanicien 12976 à la police,

les rayons de soleil apparaissaient entre les nuages; le soleil était "blanc" et la luminosité intense.

Le SESA ne peut pas exclure que la luminosité ambiante ait eu une influence négative sur l'observation du signal de sortie B par le mécanicien 12976.

2.2.6 Influence du PN km 48.781 sur la signalisation côté Payerne

Comme décrit au chiffre 1.19.4 du présent rapport, tous les trains en provenance de Payerne franchissent le signal avancé de sortie B* à "l'avertissement", que l'arrêt à Granges-Marnand soit prescrit ou non. De ce fait, le mécanicien qui franchit ce signal avancé en "avertissement", le quitte en sachant que, le plus souvent (soit tout le temps sauf trois fois par jour du lundi au vendredi, lors des croisements), le signal de sortie de groupe B est "à voie libre" lorsqu'il arrive en gare. Ce signal ne lui donne aucune information sur la situation de l'exploitation. Avec l'habitude et la routine, il existe un risque que le mécanicien ne soit plus attentif à l'indication de ce signal avancé.

En revanche, si, à l'approche du train, le signal avancé B* et le signal de sortie B indiquaient "annonce voie libre et voie libre" lorsque le train peut librement poursuivre sa course après l'arrêt à Granges-Marnand, l'attention du mécanicien serait plus spécifiquement attirée lorsque le signal avancé de sortie B* indique "avertissement". Pour satisfaire à ces conditions à Granges-Marnand, le passage à niveau gardé du km 48.781 devrait rester fermé plus longtemps pour chaque train circulant de Payerne à Moudon et la directive DE-OCF Ad art. 37c.1, 1.6 "*le temps de blocage des barrières doit être aussi court que possible, il ne doit pas excéder 150 secondes par circulation de train ou mouvement de manœuvre*" ne serait plus respectée (annexe 5).

2.2.7 Indications des croisements dans l'horaire de service et le LEA (chiffre 1.19.5)

Selon les règles en vigueur, les croisements de trains ne sont plus indiqués dans les horaires de service ni dans les LEA. Cette façon de procéder est en adéquation avec le déroulement de l'exploitation sur les lignes et les gares munies d'installation de sécurité modernes. Sur les lignes secondaires à simple voie équipées du block automatique et dans les gares telles que Granges-Marnand qui ne sont pas équipées du système ponctuel de contrôle de la marche des trains ZUB, l'indication d'un croisement pourrait encore être une information utile pour le mécanicien, en particulier lorsque le signal de sortie présente l'image "arrêt" alors que l'heure de départ du train est dépassée.

2.2.8 Heures dans la marche des trains (chiffre 1.19.6)

L'heure de départ du train 12976 à Granges-Marnand est fixée à 18h42. Celle du passage du train croiseur 4049 à 18h45. Ces heures sont dictées par l'horaire. Elles impliquent que, du lundi au vendredi, lorsque le train 4049 circule à l'heure, le train 12976 quitte Granges-Marnand après l'heure prévue dans l'horaire.

Lors de son audition du 2 septembre 2013 par le SESA, le mécanicien 12976 déclare: avant de partir de Granges-Marnand, "*j'ai consulté le LEA et constaté qu'on était déjà en retard alors que j'avais bien roulé*".

Le jour de l'accident, compte tenu du fait que le mécanicien effectuait un tour de réserve et que le croisement de trains à Granges-Marnand n'est pas porté à l'horaire de service, la constatation du mécanicien "*on était déjà en retard*" est pertinente.

2.2.9 Geste métier (chiffre 1.1.2 et annexe 1)

Les directives "Geste métier" sont le fruit de discussions entre spécialistes et le personnel des locomotives.

Selon "Geste métier Départ du train" le mécanicien doit, lors de chaque départ, répéter les points suivants:

- 1. Signal correspondant ouvert.
- 2. Contrôle des indications ZUB.
- 3. Heure de départ / autorisation de départ.
- 4. Portes fermées.
- 5. Signal correspondant ouvert.
- 6. Départ.

Pour le SESA, le fait que ce processus comporte deux fois les termes "signal correspondant ouvert" n'est pas judicieux. En effet, un mécanicien qui conduit un "Intercity" ou un "RegioExpress" répètera ces six points trois ou quatre fois par heure. Par contre, un mécanicien qui conduit des trains régionaux pendant tout son tour de service, répètera ces 6 points 15 à 20 fois par heure. Le risque que ces points soient répétés machinalement est grand. De plus, dans l'élocution de ces six points, le signal est toujours ouvert! Avec l'habitude, la fatigue et peut-être d'autres éléments perturbateurs, le risque de dire "signal ouvert" devant un "signal fermé" est latent.

Dans l'accident de Granges-Marnand, il s'est écoulé 28 secondes entre le départ du train et le déclenchement du frein d'urgence, c'est à dire le moment où le mécanicien a réalisé qu'un train arrivait en sens inverse. Pendant ce temps, le mécanicien n'a pas réalisé que le signal n'était pas ouvert. Il serait peut-être utile d'insérer dans "Geste métier Départ du train", un élément qui sorte le mécanicien de sa routine.

Le système de contrôle de la marche des trains ZUB résout aussi ce problème car lors d'un départ avec signal à l'arrêt, une alarme retentit dans la cabine de conduite et le mécanicien doit réagir en conséquence.

2.3 Aspects humains

L'audition du mécanicien 12976 du 20 septembre 2013 n'a pas révélé d'éléments qui permettraient de faire un rapprochement avec une surcharge de travail, un stress particulier, des problèmes de hiérarchie ou d'ergonomie de la place de travail. Au contraire, le mécanicien se sentait bien, n'était pas stressé, était à la veille d'un congé. Il était néanmoins conscient que l'heure officielle de départ de Granges-Marnand (18h42) était passée, bien qu'il soit parti à l'heure de Payerne et qu'il ait bien roulé.

Dans son audition du 30 juillet 2013, le mécanicien déclare à la Police vaudoise: "*// m'a semblé avoir vu passer le signal de sortie au vert*". Dès cet instant, le mécanicien 12976 a initié la procédure "Geste métier Départ du train". L'analyse des données tachygraphiques montre qu'il s'est écoulé 28 secondes entre le départ de Granges-Marnand et le déclenchement du freinage d'urgence. Durant ce laps de temps, le mécanicien n'a pas réalisé que le signal de sortie était rouge.

Pour le SESA, c'est durant ce laps de temps de 28 secondes que le train a circulé en direction du signal de sortie B fermé. Si la gare de Granges-Marnand avait été équipée du système de contrôle de la marche des trains ZUB, dès que le train se serait mis en mouvement, un signal aurait retenti dans la cabine de conduite et, sans réaction adéquate du mécanicien, le frein d'urgence se serait déclenché.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Installations fixes

- La gare de Granges-Marnand est équipée du dispositif d'arrêt automatique des trains de type "Signum" avec différenciation "avertissement" / "arrêt".
- La gare dispose tant côté Moudon que Payerne d'un signal de sortie de groupe avec aimant de voie "Signum" placé après le signal.
- La gare n'est pas équipée du système de contrôle de la marche des trains ZUB.
- Les installations de sécurité, en l'état, ont fonctionné correctement.
- Le signal de sortie de groupe B côté Moudon est situé à environ 400 m du point d'arrêt des trains régionaux.
- Pour faciliter l'observation du signal de sortie de groupe B, en particulier par brouillard, la voie 1 est équipée d'un signal annonceur de voie libre; ce signal est éteint lorsque le signal de sortie de groupe B montre l'image "arrêt".

3.1.2 Matériel roulant

- Aucun élément laissant présager un défaut sur le matériel roulant pouvant avoir des conséquences sur le déroulement de l'accident n'a été constaté lors de l'enquête.
- Les freins de tous les véhicules des deux trains fonctionnaient.

3.1.3 Train 12976, régional Payerne – Lausanne

- Le mécanicien effectuait un service de remplacement.
- Le mécanicien disposait des connaissances de la ligne.
- Durant le trajet, aucune communication radio n'a perturbé le mécanicien.
- Les documents de service à disposition du mécanicien ne mentionnent pas le croisement à Granges-Marnand.
- L'horaire de service fixe le départ de Granges-Marnand à 18h42.
- Le mécanicien décide seul du départ du train après l'arrêt à Granges-Marnand.
- Entre 18h43 et 18h44, le train est parti de Granges-Marnand alors que le signal de sortie de groupe B était à l'arrêt.
- Le signal annonceur de voie libre correspondant au signal de sortie de groupe B était éteint.
- Entre le départ de Granges-Marnand et le déclenchement du frein d'urgence, il s'est écoulé 28 secondes.
- Le frein d'urgence a été déclenché à 69 km/h.
- Lors de la collision le train roulait encore à 60 km/h.

3.1.4 Train 4049, RegioExpress Lausanne – Payerne

- L'horaire de service fixe le passage sans arrêt du train à Granges-Marnand à 18h45, soit 3 minutes après l'heure de départ fixée pour le train 12976.
- Le train circulait à l'heure.
- La vitesse maximale admissible de 60 km/h pour l'entrée du train sur la voie 2 en gare de Granges-Marnand n'a pas été dépassée.
- Le frein d'urgence a été déclenché à 59 km/h.
- Lors de la collision, le train roulait encore à 45 km/h.

3.1.5 Exploitation

- Le Chef-circulation (CC) a suivi les processus usuels de l'exploitation.
- Après l'arrêt à quai du train 12976, il a établi l'itinéraire pour le passage sans arrêt du train 4049.
- Selon les processus en vigueur, le CC ne donne pas l'autorisation de départ au mécanicien 12976.
- Au départ inopiné du train 12976, le CC a réagi de façon adaptée à la situation.
- Le CC ne dispose pas de procédure d'urgence particulière pour arrêter un train ou un mouvement de manœuvre qui démarre sans autorisation.
- Le déclenchement d'urgence de la LC en actionnant les touches correspondantes de l'appareil d'enclenchement n'est pas décrit dans le manuel BF de Granges-Marnand. Pour le CC, ces touches étaient hors service.
- L'heure de départ du train 12976 est fixée à 18h42.
- L'heure de passage du train 4049 est fixée à 18h45, soit trois minutes après l'heure de départ du train 12976.
- L'aiguille 3 positionnée pour une entrée de train en provenance de Moudon sur la voie 2 a été talonnée par le train 12976.

3.1.6 Particularités locales

- Le signal avancé de sortie de Granges-Marnand côté Payerne s'ouvre tardivement. En conséquence, tous les trains qui franchissent ce signal reçoivent une impulsion avertissement de l'appareil "Signum" que le mécanicien doit quittancer. Pourtant, dans la plupart des cas, lorsque le train arrive en gare, le signal de sortie de groupe B est à "voie libre".
- A la sortie de la gare côté Moudon, juste après l'aiguille 1, la pleine voie décrit une courbe à droite. Quatre wagons marchandises garés sur la voie 3 masquaient la visibilité des deux mécaniciens sur les tronçons respectifs à parcourir. Ils se sont vus au dernier moment.

3.1.7 Facteurs humains

- Le mécanicien 12976 était dans une situation normale. Il n'était ni fatigué, ni dans une situation de stress.
- Aucune communication n'a été établie ou reçue pendant la marche du train 12976.

- Les conditions météorologiques au moment de l'accident (ciel nuageux avec un rayon de soleil qui donne une lumière blanche intense) peuvent avoir eu une influence négative sur la perception de l'image du signal de sortie de groupe B par le mécanicien.
- Le processus de départ "Geste métier Départ du train" peut, lorsqu'il est maintes fois répété, perdre son efficacité et être appliqué quasiment inconsciemment (routine) par le mécanicien.
- Entre le départ du train 12976 et le déclenchement du frein d'urgence, le mécanicien n'a pas réalisé que le signal de sortie de groupe B présentait l'image "arrêt".

3.2 Causes

La collision s'est produite, car le train 12976 est parti de Granges-Marnand alors que le signal de sortie de groupe B présentait l'image "arrêt".

Ont contribué à l'évènement:

- L'absence du système de contrôle de la marche des trains ZUB au niveau de l'infrastructure dans une gare de croisement équipée de signaux de sortie de groupe, située sur un tronçon à voie unique, où le double contrôle lors du départ du train n'est plus pratiqué.
- La mise en pratique du processus "Geste métier Départ du train" qui, par sa fréquence en trafic régional, peut engendrer un effet de routine, en particulier par la répétition de la formule "signal ouvert".
- Le processus en vigueur pour le déclenchement de la ligne de contact de la gare, qui occulte totalement la possibilité de déclencher la ligne de contact depuis l'appareil d'enclenchement.

Ont pu avoir une influence indirecte sur l'évènement:

- Les conditions météorologiques au moment du départ de Granges-Marnand.
- Le fait que signal avancé de sortie B* côté Payerne montre systématiquement "avertissement" aux trains avec ou sans arrêt en gare de Granges-Marnand.
- L'absence de l'indication des croisements dans l'horaire de service et le LEA.
- L'indication des heures dans la marche des trains.

3.3 Estimation des risques

La mise en application des processus de départ de train sous la seule responsabilité du mécanicien, dans une gare équipée de signaux de sortie de groupe avec aimant de voie "Signum" placé après le signal de sortie où ont lieu des croisements, représente un risque potentiel élevé d'accident.

Les cas de départ avec signal à l'arrêt analysés par le SESA montrent que, malgré le processus "Geste métier Départ du train", le mécanicien, de façon routinière, démarre son train sans se rendre compte que le signal de sortie n'est pas à "voie libre". La répétition fréquente du processus "Geste métier Départ du train", tel qu'il est pratiqué actuellement, comporte sur la durée un risque potentiel d'erreur.

4 Recommandations de sécurité

4.1 Déficit de sécurité

L'appareil d'enclenchement de la gare de Granges-Marnand a fonctionné correctement. Cette installation, dont le tableau à schéma de voie a été mis en service en 1975, ne correspond plus totalement aux standards techniques ni aux processus d'exploitation actuels. Lorsque la gare est en desserte locale, le mécanicien assume seul la responsabilité du départ du train. Une seule défaillance humaine peut provoquer une mise en danger ou un accident. Cela représente un déficit de sécurité. Ce déficit n'existe plus lorsque la gare est "en transit", car, dans ce cas, un croisement de train n'est pas possible. Les recommandations de sécurité n° 58 et 59 découlent de ce déficit de sécurité.

Le manque de systématique dans la procédure de déclenchement d'urgence des lignes de contact par le CC dans les gares desservies et le manque d'information entre les services concernés constituent aussi un déficit de sécurité. La recommandation de sécurité n° 60 découle de ces constatations.

Le potentiel d'erreur inhérent à la répétition fréquente du processus "Geste métier Départ du train", tel qu'il est pratiqué actuellement constitue également un déficit de sécurité. La recommandation de sécurité n° 61 aborde ce thème.

4.2 Mesures prises

Les mesures suivantes ont été prises depuis l'accident:

- Dès le 1^{er} octobre 2013, les CFF ont réintroduit le double contrôle lors de l'expédition des trains comme le stipule l'extrait de la directive I-B 25/13 ci-dessous:
"Annonce de l'autorisation de départ par le CC"
 - *A partir du 1^{er} octobre 2013, le principe du double contrôle pour l'expédition des trains est introduit dans certaines gares lors de croisements.*
 - *Il s'agit de gares entièrement ou partiellement desservies localement, situées sur des lignes à simple voie et munies de signaux de groupe sans dispositif d'empêchement du départ.*
- Les Chefs-circulation aptes à desservir l'appareil d'enclenchement de la gare de Granges-Marnand ont été formés au processus de déclenchement d'urgence des lignes de contact de la gare par actionnement des touches prévues à cet effet sur l'appareil d'enclenchement.

4.3 Recommandations de sécurité

Le SESA recommande à l'OFT d'examiner les recommandations de sécurité suivantes:

Recommandation de sécurité n° 58

Equiper la gare de Granges-Marnand du système de contrôle de la marche des trains Euro-ZUB conformément aux directives de la réglementation CFF I 20027 version 3.0 du 01.02.2012.

Recommandation de sécurité n° 59

Lors de la fixation des priorités pour équiper les gares du système de contrôle de la marche des trains Euro-ZUB, donner plus de poids aux gares où les croisements de trains sont occasionnels et tenir compte de facteurs humains tels

que les dangers dus à la routine, au stress du personnel, à la marche du train, aux tours de service.

Recommandation de sécurité n° 60

Instruire le personnel sur le déclenchement d'urgence des lignes de contact aussi longtemps que la télécommande des gares n'est pas complètement centralisée, (occupation occasionnelle par un Chef-circulation) et que la possibilité de déclenchement d'urgence des lignes de contact reste fonctionnelle.

Recommandation de sécurité n° 61

Revoir la formulation ainsi que les étapes du processus "Geste métier Départ du train", afin de permettre une application sans équivoque dudit processus.

4.4 Remarques finales

Cet accident met en lumière le fait que les processus de la conduite des trains, bien adaptés aux installations de sécurité modernes (pleine voie et gares équipées du système de contrôle de la marche des trains Euro-ZUB), ne sont plus adaptés aux anciennes installations.

Les installations de sécurité de l'infrastructure, même anciennes, sont conçues de façon telle qu'une seule erreur (technique ou humaine) ne conduise pas à une mise en danger de l'exploitation ou un accident. Dans les gares, comme Granges-Marnand, qui ne sont pas équipées du système de contrôle de la marche des trains ZUB, le mécanicien ne dispose pas, dans sa cabine de conduite, d'aide technique lors du processus de départ du train. Il assume seul la responsabilité du départ du train.

Service d'enquête suisse sur les accidents SESA
Domaine Rail et Navigation

Berne, 4 mars 2014

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

Berne, 26 juin 2014

Annexe 1: extraits de prescription

Extrait du manuel du mécanicien de locomotive (document CFF)
Version française

Gestes métier Personnel des locomotives

P 20003119

3 Geste métier Départ du train



Séquence: Départ du train

Situation initiale: Le train est à quai, annoncer le prochain arrêt de vive voix

Objectifs

- Eviter la mise en mouvement avec signal à l'arrêt
- Eviter le départ avec des portes ouvertes
- Eviter un passage sans arrêt au prochain point d'arrêt
- Eviter une prise en charge par le ZUB

Départ du train

1. Signal correspondant ouvert ¹⁾
2. Contrôle des indications ZUB ²⁾
3. Heure de départ / autorisation de départ
4. Portes fermées
5. Signal correspondant ouvert ¹⁾
6. Départ

Extraits PCT R 300.13 chiffre 3.2.4 Annonce des signaux

Version française

Image du signal pour les trains	Annonce
<i>avertissement ou arrêt</i>	« fermé »
<i>annonce de voie libre ou voie libre</i>	« ouvert »
<i>annonce de vitesse ou exécution de vitesse</i>	« ouvert » + la vitesse signalée ou la vitesse qui diffère à celle prescrite dans les tableaux des parcours
<i>itinéraire court</i>	« itinéraire court »

Annexe 1 suite

Extrait du manuel du mécanicien de locomotive (document CFF)
Version allemande

Gestes métier Lokpersonal

P 20003119

3 Geste métier Abfahrt



Sequenz: Abfahrt des Zuges

Ausgangslage: Zug steht am Perron, nächster Halt ist mit lauter Stimme gemeldet

Ziele

- Verhindern einer Abfahrt bei Halt zeigendem Signal
- Verhindern einer Abfahrt mit offenen Türen
- Verhindern einer Durchfahrt beim nächsten Halt
- Verhindern einer Zwangsbremung durch ZUB

Abfahrt

1. Zugehöriges Signal zeigt Fahrt ¹⁾
2. ZUB-Anzeige beachten ²⁾
3. Abfahrzeit / Abfahrerlaubnis
4. Türen geschlossen
5. Zugehöriges Signal zeigt Fahrt ¹⁾
6. Abfahren

Extrahits PCT R 300.13 chiffre 3.2.4 Annonce des signaux

Version allemande

Begriff am Zugsignal	Meldung
<i>Warnung oder Halt</i>	«zu»
<i>Ankündigung Freie Fahrt oder Freie Fahrt</i>	«offen»
<i>Geschwindigkeits-Ankündigung oder Geschwindigkeits-Ausführung</i>	«offen» und die signalisierte Geschwindigkeit bzw. die in der Streckentabelle vorgeschriebene abweichende Geschwindigkeit
<i>Kurze Fahrt</i>	«kurze Fahrt»

Annexe 2: Données tachygraphiques du train 12976

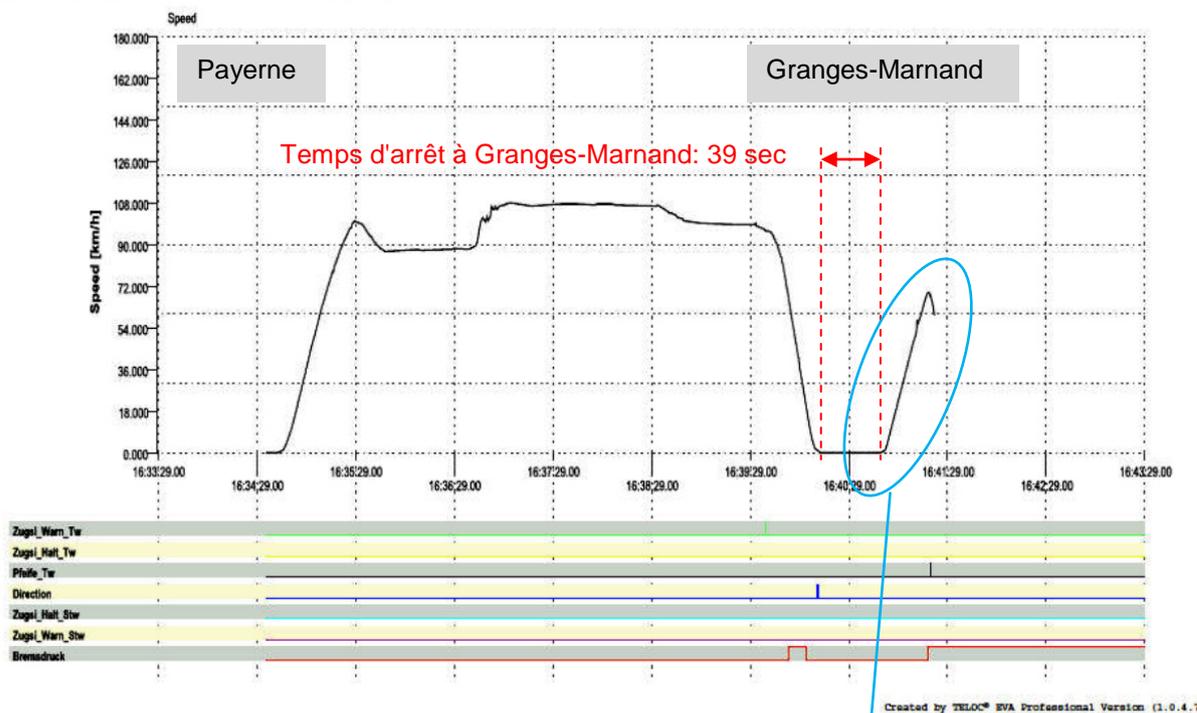
Automotrice RBDDe NPZ DO 560 213-1

Heure locale = heure du graphique + 02h03min (annexe 1, page 2)

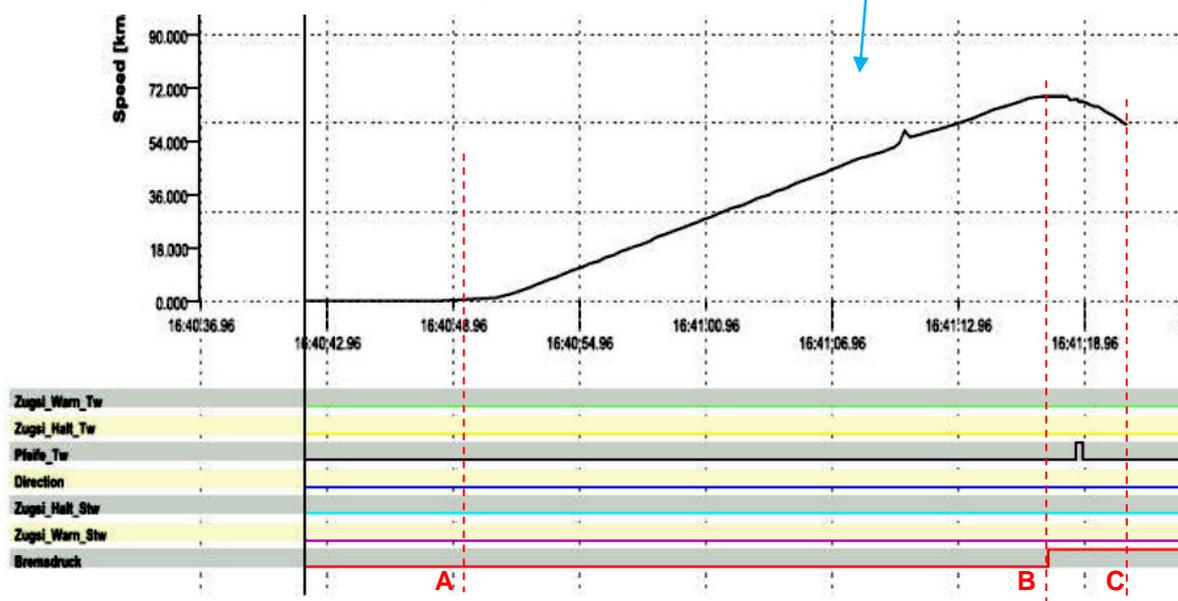
Device: Hasler TELOC15

31.07.2013

Type de mémoire: stm	Identifiant: SBB	Diamètre de roue: 924	Type de véhicule: RBDDe60
Nom de la configuration: 001/04C01_07	Compteur de distance: 317975 km	Numéro de série: 11082505	ID du véhicule: 560213
À partir de : 29/07/13 16:33:29		Jusqu'à : 29/07/13 16:43:29	



Zoom sur le parcours de l'arrêt à Granges-Marnand à la collision



- A:** Départ de Granges-Marnand.
- B:** Déclenchement du frein d'urgence à 69 km/h.
- C:** Collision à la vitesse de 60 km/h.
- A-B:** Temps départ – déclenchement frein d'urgence de 28 secondes.
- A-C:** Distance départ – collision de 332 m (valeur extraite du tableau Excel fourni avec le graphique).

Annexe 2 suite**Données tachygraphiques du train 12976, automotrice RBDe NPZ DO 560 213-1**

L'heure enregistrée sur les données tachygraphiques (boîte noire) de l'automotrice RBDe NPZ DO 560 213 ne correspond pas à l'heure locale. L'écart par rapport à l'heure locale est de moins 2 heures et 3 minutes.

Les causes de cet écart sont les suivantes:

- L'heure enregistrée est l'heure UTC (temps universel coordonné). En été, cela correspond à l'heure locale moins 2h.
- Les trois minutes supplémentaires sont dues à des problèmes de synchronisation de l'horloge de l'enregistrement tachygraphique. Ce problème est en cours de résolution (modification du logiciel).

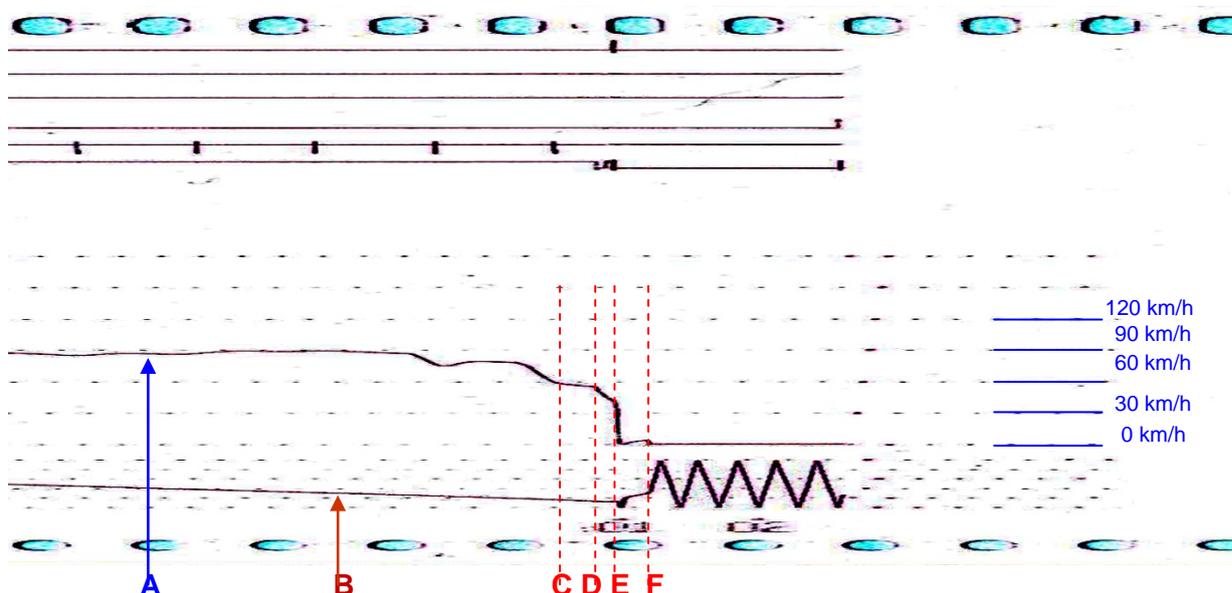
La différence entre l'heure enregistrée sur les données tachygraphiques (annexe 2, page1) et l'heure réelle de circulation du train 12976 n'a aucune incidence sur le déroulement de l'accident. Elle est mentionnée dans ce rapport afin de clarifier la concordance entre les heures émanant des données tachygraphiques et l'heure réelle locale.

Annexe 3: Bande tachygraphique du train 4049

Automotrice RBDe NPZ 562 002-6

Dans le graphique ci-dessous:

- l'abscisse est agrandie à l'échelle 5:1.
- l'ordonnée est à l'échelle 1:1.



- A:** Diagramme vitesse.
B: Diagramme temps; au point **E**, l'heure du graphique est 00h59 alors que l'heure locale était 18h44 (chiffre 1.19.2 du rapport).
C: Réduction de vitesse à 60 km/h pour l'entrée à Granges-Marnand.
D: Déclenchement du frein d'urgence à 58 km/h.
E: Collision à 45 km/h.
F: Immobilisation de l'automotrice en queue de convoi après être repartie en arrière suite au choc. Mesurée sur le terrain, cette distance était de 57 m.

Sur les TELOC "2000 S", lors du déclenchement du frein d'urgence, l'avance du papier passe de 5 à 20 mm/km.

La distance et le temps entre les points **D** déclenchement du frein d'urgence et **E** collision déterminés graphiquement sont respectivement de 31 m et 2 secondes.

L'action du sifflet de la locomotive n'est pas enregistrée sur la bande.

Annexe 4: Extraits des DE-OCF et du règlement CFF I 20027

Extrait DE-OCF

DISPOSITIONS D'EXECUTION DE L'O SUR LES CHEMINS DE FER		Ad art.: 39
Chapitre:	Ouvrages et installations	Feuille n°: 20
Section:	Installations de sécurité et applications télématiques	Edition: 01.07.2012
Article:	Installations de sécurité	

DE 39.3.c Contrôle de la marche des trains

- 1 Le contrôle de la marche des trains doit assister les mécaniciens de locomotive dans le but d'éviter le dépassement des vitesses maximales admissibles.
- 1.1 Pour cela, le contrôle de la marche des trains surveille les circulations de trains et les mouvements de manœuvre, de manière à:
 - a. avertir les mécaniciens de locomotive en cas de besoin; et
 - b. en cas de besoin, influencer les convois directement dans le sens de la sécurité; ceci, en règle générale, au moyen d'un freinage du convoi.
- 2 Le contrôle de la marche des trains doit être mis en œuvre de façon à ce qu'il réduise à un niveau acceptable des risques qui découlent d'erreurs de manipulation des mécaniciens de locomotive.
- 2.1 Pour les circulations de trains il faut:
 - a. au moins un contrôle de la marche des trains qui assure une surveillance ponctuelle;
 - b. en cas de fort trafic un contrôle de la marche des trains qui assure une surveillance continue:
 - sur les lignes à simple voie et sur celles équipées pour la banalisation,
 - sur les lignes à plusieurs voies où la succession des signaux est dense et les vitesses supérieures à 80 km/h.
- 2.1.1 Les seuils de vitesse critiques quant à la sécurité au déraillement ainsi que les tronçons de ralentissement doivent être protégés au moyen d'un contrôle de la marche des trains.
- 2.1.2 Les passages à niveau équipés d'installations de passages à niveau doivent être protégés par un contrôle de la marche des trains. Sont exceptés les passages à niveau qui interdisent la circulation routière de façon sécuritaire aussi en cas de panne, selon les DE OCF ad art. 39, DE 39.3.f, ch. 2, let. b.
- 2.2 En cas de dérogation aux prescriptions selon chiffre 2.1, le gestionnaire de l'infrastructure doit disposer d'un concept pour l'engagement du contrôle de la marche des trains sur son réseau. Ce concept doit prendre en considération les mises en danger existantes et potentielles et démontrer que les risques sont limités à un niveau acceptable.

Annexe 4 suite

Extrait du règlement CFF I-20027

5 Signaux de groupe

5.1.1 S'agissant des signaux de groupe, le tronçon doit être protégé à proximité immédiate du point d'arrêt (PCT [3] R 300.6 ch. 5.2.2) de manière que les trains soient surveillés avec un système de contrôle de la marche des trains.

5.1.2 La mise en activation de la surveillance d'avertissement/arrêt selon ch. 3.2 / 3.3 au point d'arrêt selon PCT R 300.6 ch. 5.2.2 doit équivaloir à l'autorisation de circuler de la voie correspondante (cf. Figure 1)

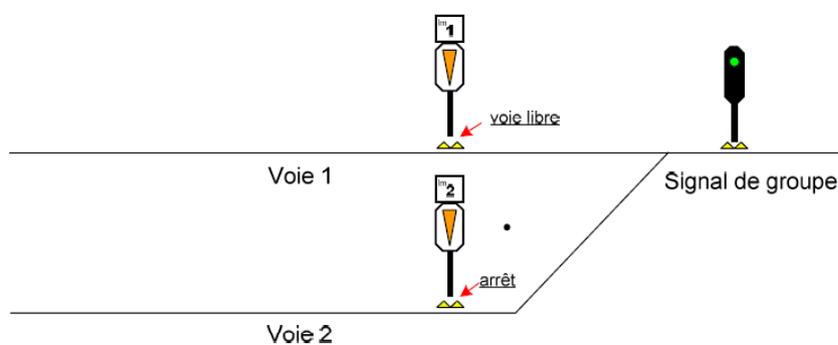


Figure 1: Exemple: surveillance d'avertissement/arrêt en cas de signaux de groupe

Annexe 5: Extraits des DE-OCF Ad art.: 37c et 37c.1

DISPOSITIONS D'EXECUTION DE L'O SUR LES CHEMINS DE FER		Ad art.: 37c
Chapitre:	Ouvrages et installations	Feuille n°: 4
Section:	Protection et signalisation des passages à niveau	
Article:	Signaux et installations	Edition: 01.07.2012

(DE 37c Généralités)

3.2 Installation de barrières

Processus	Barrières	Signaux à feux clignotants		Signaux lumineux 3 couleurs		Signaux lumineux sans vert		Signal acoustique
		Mode de fermeture des barrières						
		simultané	échelonné	simultané	échelonné	simultané	échelonné	
Position de repos	ouvertes	éteints	éteints	verts	verts	éteints	éteints	non
Temps d'avertissement ¹⁾	cl. jaune	-	-	-	-	3 s	3 s	oui
	jaune	-	-	3 s	3 s	3 s	3 s	oui
	cl. rouge	12 s ³⁾	1 ^{re} phase 8 s 2 ^e phase 12 s ³⁾	-	-	-	-	oui
	rouge	-	-	9 s ³⁾	1 ^{re} phase 5 s 2 ^e phase 9 s ³⁾	9 s ³⁾	1 ^{re} phase 5 s 2 ^e phase 9 s ³⁾	oui
Temps de fermeture	6 - 11 s ¹⁾	clignotent	clignotent	rouge	rouge	rouge	rouge	oui
Temps de sécurité	5 s fermées	clignotent	clignotent	rouge	rouge	rouge	rouge	non
Barrières fermées	fermées	clignotent	clignotent	rouge	rouge	rouge	rouge	non
Temps d'ouverture ⁴⁾	6 - 11 s ¹⁾	éteints	éteints	3 s rouge + jaune, puis vert	3 s rouge + jaune, puis vert	3 s cl. jaune, puis éteints	3 s cl. jaune, puis éteints	non

Tableau 1: Processus de fonctionnement d'installation avec barrières

¹⁾ Valeurs pour les nouvelles installations. Les anciennes doivent être adaptées lors d'un renouvellement.

²⁾ Lors d'une fermeture échelonnée, la première phase ferme après le 1^{er} temps, la 2^e après le deuxième temps.

³⁾ Lorsque les distances entre signal à feux clignotants ou signaux lumineux et barrière opposée, pour le trafic piétonnier entre les barrières, mesurées à l'axe du trafic correspondant, sont supérieures à 10 m, cette partie du temps d'avertissement doit être vérifiée en fonction de la vitesse de dégagement déterminante selon chiffre 4.1

⁴⁾ Comportement des signaux de nouvelles installations uniquement. Les anciennes doivent être adaptées lors d'un renouvellement.

DE 37c.1

1.6 Le temps de blocage des barrières doit être aussi court que possible, il ne doit pas excéder 150 secondes par circulation de train ou mouvement de manœuvre.

Annexe 6: Extraits des DE-OCF Ad art.: 53

DISPOSITIONS D'EXECUTION DE L'O SUR LES CHEMINS DE FER	Ad art.: 53
Chapitre: Véhicules	Feuille n°: 2
Section: Véhicules moteurs et convois des chemins de fer à adhérence	Edition: 01.07.2010
Article: Cabine de conduite	

(DE 53.1)

4 Pour les automotrices à voyageurs, sans compartiments distincts pour les cabines de conduite, il faut au moins protéger la place du mécanicien au moyen d'une cloison. Pour les tramways, une barrière mobile suffit.

5 Les accès des cabines de conduite doivent être aménagés de façon

5.1 que l'on puisse y parvenir ou les quitter même lorsque le profil d'espace libre est restreint,

5.2 qu'une liaison sûre entre agents des manœuvres et mécaniciens soit garantie,

5.3 que le mécanicien puisse quitter rapidement la cabine, même pendant la marche (chemin de fuite).