Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires

Rapport d'Enquête de Sécurité

Déraillement d'un train de voyageurs

Leuven - 18 février 2017

.be

Septembre 2018

TABLE DES VERSIONS DU RAPPORT

Numéro de la version	Sujet de révision	Date
1.0	Première version	27/09/2018

Toute utilisation de ce rapport dans une perspective différente de celle de la prévention des accidents - par exemple celle de définir des responsabilités, et a fortiori des culpabilités individuelles ou collectives - serait effectuée en distorsion totale avec les objectifs de ce rapport, les méthodes utilisées pour le bâtir, la sélection des faits recueillis, la nature des questions posées, et les concepts qu'il mobilise, auxquels la notion de responsabilité est étrangère. Les conclusions qui pourraient alors en être déduites seraient donc abusives au sens littéral du terme.
En cas d'incohérence entre certains mots et termes, la version en néerlandais fait foi.

Table des matières

1.	**Résumé**	**4**
1.1	Aperçu	4
1.2	Enquête	4
1.3	Causes	4
1.4	Recommandations	7
2.	**Les faits immédiats**	**8**
2.1	L'événement	8
2.2	Les circonstances de l'événement	10
2.3	Pertes humaines, blessés et dommages matérielles	16
2.4	Circonstances externes	17
3.	**Compte rendu des investigations et enquêtes**	**18**
3.1	Résumé des témoignages	18
3.2	Système de gestion de la sécurité	19
3.3	Règles et réglementation	31
3.4	Fonctionnement du matériel roulant et des installations techniques	33
3.5	Documentation sur le système opératoire	46
3.6	Interface Homme-Machine-Opération	48
3.7	Evénements antérieurs de nature comparable	60
4	**Analyse et conclusions**	**62**
4.1	Compte rendu final de la chaîne d'événements	62
4.2	Discussion	66
4.3	Conclusions	71
4.4	Constatations complémentaires	77
5	**Mesures prises**	**78**
5.1	Le gestionnaire d'infrastructure	78
5.2	L'entreprise ferroviaire	80
6	**Recommandations**	**82**
7	**Annexes**	**90**

1. RÉSUMÉ

1.1. APERÇU

Le 18 février 2017 vers 13h11, peu après avoir quitté la gare de Louvain, un train de voyageurs a déraillé au niveau des aiguillages. La première voiture se renverse sur le côté de la voie. La deuxième et troisième voiture déraillent aussi, mais sans se renverser.

Malheureusement, un voyageur trouve la mort dans cet accident. 26 passagers et un employé de l'entreprise ferroviaire ont été emmenés dans les hôpitaux environnants, trois passagers ont été grièvement blessés. Les infrastructures et le matériel roulant sont gravement endommagés.

1.2. ENQUÊTE

L'Organisme d'Enquête doit procéder à une enquête après chaque accident grave survenu sur le système ferroviaire. L'accident du 18/02/17 répond à la définition d'accident grave[1].

1.3. CAUSES

Cause directe (conduite du train)
Selon l'hypothèse retenue, la cause directe du déraillement est **la vitesse inadaptée** du train dans le virage en S formé par deux aiguillages consécutifs.

Facteur indirect -1 (facteur humain)
Selon l'hypothèse retenue, le premier facteur indirect est le traitement incorrect des informations (commandes) données par la signalisation concernant les limitations de vitesse à respecter, ayant permis **une représentation mentale erronée (biais d'ordre cognitif)**[2].

Le jour de l'accident, une combinaison de différents facteurs a occasionné chez le conducteur une représentation mentale erronée, qui s'est maintenue par la suite :

- un environnement complexe sans marques d'identification claires ;
- le caractère ambigu du panneau de fin de zone « 9 », qui permet une augmentation de la vitesse alors que le signal en amont du panneau de fin de zone impose une limitation de la vitesse à 40 km/h au pied du signal en aval du panneau de fin de zone (règlement HLT) ;
- le caractère ambigu des panneaux de ligne de la L.36, placés en aval de la voie 7 ;
- la définition incomplète dans le HLT du panneau de ligne de la L.36 ;
- la combinaison – pour le conducteur de train – de la connaissance passive de la ligne pour le départ de la voie 7 et du développement insuffisant des habitudes de conduite fixes, d'une part, et de la quantité d'informations à traiter pendant et peu après le départ de la voie 7, d'autre part.

Ces facteurs occasionnent chez le conducteur une représentation mentale pouvant laisser croire au conducteur qu'il roule en voie normale sur la L.36 alors qu'il est dirigé vers la L.36 en contrevoie.

1 *Article 111. § 1 de la loi du 30 août 2013 portant le Code ferroviaire.*
2 *Voir annexe 1 pour explication bias d'ordre cognitif.*

Facteur indirect – 2 (design)
Selon l'hypothèse retenue, le deuxième facteur indirect est celui-ci : le conducteur – malgré les informations fournies – ne parvient pas à corriger la représentation mentale erronée en raison de la saillance[3] physique et cognitive insuffisante de la lampe de mémorisation allumée dans sa cabine de conduite et du signal (des panneaux complémentaires du signal) EZ-H.9.

Les signaux que le conducteur perçoit pendant et après son départ et l'appareillage de la cabine de conduite sont conformes aux spécifications techniques. Pour le conducteur, cependant, la saillance cognitive et physique de la lampe de mémorisation LGLJM de TBL1+ (dans la cabine de conduite) et des panneaux complémentaires du signal EZ-H.9 (dans le présent contexte temporel et spatial) est trop faible pour faire revenir l'information refoulée ou pour corriger la représentation mentale erronée.

Facteur indirect – 3 (design)
Le troisième facteur indirect est l'absence d'un **système de récupération** efficace.

Le système d'aide à la conduite TBL1++ dont le train est équipé interviendra sous certaines conditions si, après avoir obtenu un signal 2J, la vitesse maximale de 40 km/h n'a pas été obtenue à temps ou n'est plus respectée après avoir été obtenue plus tôt. Lors du départ d'une gare d'origine, cette fonction est automatiquement activée.

Le système d'aide à la conduite TBL1++ n'est pas conçu pour contrôler la vitesse des trains lors du franchissement d'un signal présentant le VJH : cette fonction est automatiquement désactivée lors du franchissement d'un signal Vert Jaune Horizontal. En conséquence, le système d'aide à la conduite ne peut plus intervenir lorsque la limitation de vitesse imposée n'est pas respectée.

Le train n'est pas équipé de la technologie ETCS et le système ETCS côté infrastructure n'est pas encore opérationnel.

Facteur système – 1 (monitoring)
L'entreprise ferroviaire **n'identifie pas assez le risque de ne pas procéder (suffisamment tôt) à la réduction de vitesse imposée** après la réception d'un signal VJH, ni le caractère récurrent d'incidents qui laissent supposer que certains conducteurs de train n'acquièrent pas systématiquement les automatismes de conduite qu'on attend d'eux.

Le fait de ne pas respecter à temps une réduction de vitesse peut être le résultat d'habitudes de conduite incorrectes, d'une tendance à la distraction ou autre, ce qui doit être considéré comme l'un des signes précurseurs d'un accident.

Facteur système – 2 (organisational learning)
La configuration des voies et des signaux dans un environnement complexe – à laquelle sont souvent confrontés les conducteurs de train quittant la gare de Louvain au départ de la voie 7 – **rend difficile le décodage intuitif des informations** fournies par les signaux présents.

Par le passé, cela a contribué à une représentation mentale erronée chez plusieurs conducteurs à Louvain et à mener à des situations dangereuses présentant des analogies avec l'accident étudié. Seuls quelques incidents ont fait l'objet d'analyses chiffrées, mais celles-ci n'ont pas permis d'identifier le problème sous toutes les facettes.

3 *Par saillance physique visuelle on entend dans ce cas : la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention). La saillance physique n'a aucun lien avec des aspects techniques comme la luminosité ou les contrastes de couleur des objets (lampes, signaux, etc).*

Facteur système – 3 (organisational learning)
Deux passages spécifiques de la réglementation de l'entreprise ferroviaire peuvent mener au développement des gestes-métier arbitraires ou à une mauvaise interprétation :

- le choix d'« accélérer ou non au panneau de fin de zone après le passage à un signal VJH » est laissé à l'appréciation des conducteurs de train. On rappelle à juste titre aux conducteurs le danger que représente l'oubli d'une limitation de vitesse, mais aucune mesure efficace n'est mise en place pour réduire ce risque d'oubli ;
- la définition incomplète du panneau de ligne dans le HLT peut donner lieu à des interprétations erronées. À Louvain, cela mène à l'interprétation incorrecte : « conduite sur la L.36 » au lieu de « conduite vers la L.36 ».

Constatation complémentaire 1
L'augmentation potentielle du risque lié à certains aspects du travail en horaires décalés et, plus particulièrement, le système des « postes du matin en rotation anti-horaire » peut donner lieu à un niveau de fatigue supérieur à la moyenne. Le système des postes du matin en rotation anti-horaire nécessite une analyse FRA approfondie (Fatigue Risk Analysis).

Constatation complémentaire 2
Les canaux de communication entre d'une part le Chef des Opérations et le Leader Infrabel, et d'autre part entre le Chef des Opérations / Leader Infrabel et les différentes disciplines (Police des Chemins de fer) et les autres parties (enquêteurs, parquet, etc.) sont trop vagues et peuvent conduire à des malentendus et à des situations dangereuses.

1.4. RECOMMANDATIONS

Sur la base de ses conclusions, l'Organisme d'Enquête a formulé 2 recommandations concernant :

- l'évaluation de la réglementation des panneaux de fin de zone et la définition des panneaux de ligne;
- le suivi de situations pouvant donner une représentation mentale erronée.

En ce qui concerne les autres constatations, l'Organisme d'Enquête fait référence aux recommandations formulées dans des rapports de sécurité antérieurs.

2. LES FAITS IMMÉDIATS

2.1. L'ÉVÉNEMENT

2.1.1. DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT

Le 18 février, après l'arrivée à la voie 1 de la gare de Louvain à 12h07, le conducteur de train se rend à la voie 7 et assure la relève d'un collègue conducteur de train. En attendant le début de sa mission suivante, il prend une pause de 40 minutes dans la partie voyageurs de ce train.

Dix minutes avant le départ, le conducteur de train démarre son train et remplit quelques formalités administratives. À 13h08:30, le signal H-K.9 au bout du quai 7 s'ouvre, présentant un aspect 2J (Double Jaune) avec chevron « V ». Une première condition pour partir a été remplie, mais le conducteur de train doit encore attendre la confirmation que tous les voyageurs ont embarqué. Pendant l'attente, le signal d'aspect 2J avec chevron « V » passe à un aspect VJH (Vert-Jaune Horizontal) avec chevron « V ».

À 13h09:19, le chef de bord dessert l'IOT (Indicateur Opérations Terminées). L'IOT s'affiche d'abord en rouge, puis présente une couronne blanche. Une deuxième condition de départ est ainsi remplie. Le conducteur de train met son train en mouvement. Comme le signal H-K.9 s'ouvre et comme il voit la lampe des portes s'allumer et qu'il sait que les portes sont fermées, le conducteur de train peut continuer normalement. D'une pression sur le bouton, le conducteur de train acquitte dans les temps, pour confirmer qu'il a perçu l'aspect restrictif VJH. À 13h10:12, le train franchit le signal H-K.9.

Le train circule sur plusieurs aiguillages en direction de la voie A de la L.36 qui doit être parcourue en contrevoie. En aval du dernier aiguillage, le train rencontre du côté droit *un panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent* avec l'inscription « 9 » et, en dessous, un panneau repère de la Ligne 36.

Le train passe ensuite le signal EZ-H.9, qui présente un aspect vert avec un chiffre « 4 » blanc et un chevron « V » blanc. En aval de ce signal, le train est redirigé vers la voie normale via deux aiguillages consécutifs formant un virage en S et pouvant être parcourus à maximum 40 km/h.

Lors du passage sur les aiguillages, le train déraille. La première voiture se renverse et chute sur le flanc avec le nez, pivoté à 180°, en direction de la gare de départ de Louvain.

Pendant le déraillement, un voyageur perd la vie, 3 personnes sont grièvement blessées et il y a 24 blessés légers.

2.1.2. DESCRIPTION DU LIEU

L'accident a lieu sur la ligne 36, dans la zone située entre l'aiguillage 09AH et le signal DZ-H.9 (cumulée 27300). Le lieu du déraillement se situe en dehors de l'agglomération, à deux pas de la Dijledreef à Louvain, 50°53'56.5"N 4°42'40.3"E.

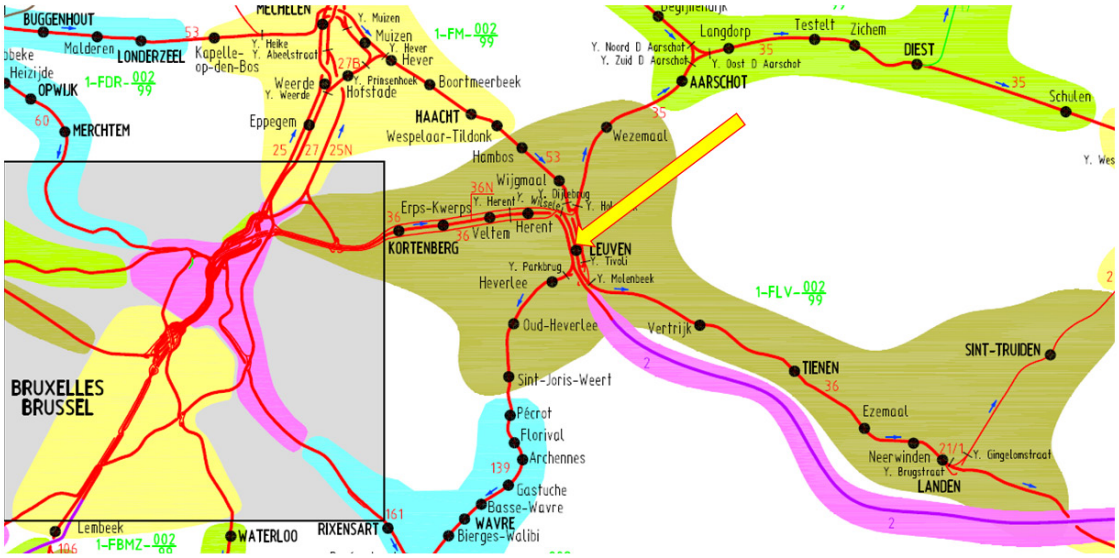


Schéma 2.1 Le réseau ferroviaire de la région de Louvain.

2.1.3. LES SERVICES DE SECOURS

Les services de secours sont les premiers avertis par les voyageurs du train qui a déraillé. Les services de secours sont très vite sur place.

2.1.4. LA DÉCISION D'OUVRIR UNE ENQUÊTE

L'Organisme d'Enquête doit procéder à une enquête de sécurité après chaque accident grave qui se produit sur le système ferroviaire. L'accident du 18/02/17 répond à la définition d'« accident grave »[4] telle que prévue dans la loi du 30/08/2013 portant le Code ferroviaire.

2.1.5. COMPOSITION DE L'ÉQUIPE

Enquête menée par l'enquêteur de garde le jour de l'accident. Aussi bien la SNCB qu'Infrabel offrent leur pleine coopération à l'enquête.

4 *Article 111. § 1er de la loi du 30 août 2013 portant le Code ferroviaire.*

2.2. LES CIRCONSTANCES DE L'ÉVÉNEMENT

2.2.1. ENTREPRISES ET PERSONNES CONCERNÉES

Le gestionnaire d'infrastructure

Infrabel est le gestionnaire d'infrastructure du réseau ferroviaire belge. Infrabel assure l'entretien, la modernisation et l'extension de l'infrastructure ferroviaire, dont les signaux et aiguillages. En tant qu'exploitant du réseau ferroviaire belge, Infrabel répartit la capacité ferroviaire disponible et coordonne tous les parcours de train sur le réseau. La coordination implique notamment l'aménagement d'itinéraires pour les trains et le contrôle de la circulation.

L'entreprise ferroviaire

L'entreprise ferroviaire SNCB exploite sur instruction de l'autorité fédérale belge des services de trains pour le transport de voyageurs en Belgique. Le train impliqué dans l'accident est un train de la SNCB assurant le transport de voyageurs entre Louvain et La Panne. Ces services desservent notamment les gares de Gand, Bruxelles, Brussels Airport et Louvain. Une partie de ce trajet passe par la L.36, ligne sur laquelle l'accident a lieu.

Le matériel roulant déployé le jour de l'accident est la propriété de la SNCB.

Conducteurs de train

Le conducteur du train IC 3636 est un travailleur de l'entreprise ferroviaire SNCB.
Chaque conducteur de train doit disposer d'une licence délivrée par l'Autorité de sécurité et attestant que le conducteur de train répond aux conditions minimales en ce qui concerne les exigences médicales, les exigences psychologiques, la formation de base et les compétences professionnelles générales. L'entreprise ferroviaire délivre également une attestation. La SNCB organise la formation de ses conducteurs de train et l'attestation est la propriété de l'entreprise. Toute attestation mentionne notamment l'infrastructure sur laquelle, et le matériel roulant avec lequel, le conducteur de train peut circuler.

Les conducteurs de train doivent disposer d'une vaste connaissance des lignes et du matériel. La connaissance des lignes s'acquiert par une formation théorique et une formation pratique. Après l'acquisition de la connaissance nécessaire des lignes, celle-ci est entretenue sur base individuelle.

Outre la formation de base, la SNCB organise également des formations permanentes. Les formations permanentes aboutissent au renouvellement périodique de l'attestation (recertification triennale).

Le conducteur de train dispose des licences ainsi que d'une connaissance des lignes et du matériel nécessaires, et a suivi avec succès les formations permanentes.

2.2.2. COMPOSITION DU TRAIN

Le train qui a déraillé, à savoir le train de voyageurs IC 3636, assure le week-end un service régulier de la SNCB entre Louvain et La Panne.

Il s'agit d'une rame automotrice électrique triple MR 326, de type Break, dont la vitesse maximale autorisée du matériel roulant est de 160 km/h, d'une capacité de 172 places assises et de 168 places debout, et équipée de TBL1++.

Composition :

- HVABDx (cabine de conduite I) : 48 tonnes, à l'avant, modernisée ;
- HVB (voiture intermédiaire) : 44 tonnes, au milieu ;
- HVBx (cabine de conduite II) : 61 tonnes, rame automotrice de type MR80, à l'arrière, modernisée.

Le mouvement est poussé.

2.2.3. DESCRIPTION DE L'INFRASTRUCTURE ET DU SYSTÈME DE SIGNALISATION

Ligne 36

La Ligne 36 Bruxelles – Liège est une ligne sur double voie, électrifiée 3 kV et dont la vitesse de référence est de 160 km/h entre Bruxelles et Louvain et de 140 km/h entre Louvain et Liège. Entre Louvain et Bruxelles, la L.36 est équipée d'une signalisation latérale Memor ainsi que, aux endroits prévus dans le Plan directeur, d'une signalisation latérale TBL1+ et d'une signalisation de cabine de conduite ETCS de niveau 1.

L'accident a lieu après avoir quitté la gare de Louvain dans les aiguillages de Y.Louvain-M. Sur l'itinéraire suivi par l'IC 3636 de la gare de Louvain jusqu'aux aiguillages concernés, les signaux sont équipés de crocodile, de TBL1+ et d'ETCS de niveau 1.

En quittant la voie 7 de la gare de Louvain, le train rencontre successivement les aiguillages, signaux ou panneaux de signalisation suivants.

Signal H-K.9

Le signal H-K.9 est un grand signal desservi, équipé depuis 2016 de la technologie ETCS 1/TBL1+ (Eurobalises) et de crocodile. Le logiciel ETCS 41 qui permet une transition automatique vers ETCS1 était provisoirement[5], et à la demande de la SNCB, non opérationnel. Cela signifie que, à condition d'avoir été équipé d'ETCS, ce train aurait uniquement pu partir en mode ETCS si le conducteur de train l'avait configuré manuellement[6]. Le signal suivant sur l'itinéraire équipé du Logiciel 41 est le signal DY-F.9. Dans l'hypothèse où le train aurait été équipé d'ETCS et ne serait pas parti en mode ETCS, la transition automatique aurait eu lieu ici. Le signal DY-F.9 se trouve en aval du lieu de l'accident.

Le signal H-K.9 se trouve au bout du quai de la voie 7 à Louvain, côté Bruxelles. Il est installé plus bas et est orienté vers le sud.

Le train IC 3636 part moyennant l'obtention d'un aspect Vert-Jaune Horizontal (avec chevron) annonçant que le signal suivant impose une réduction de vitesse (en l'occurrence, à 40 km/h).

5 *Le Logiciel 41 a entre-temps été activé.*

6 *Ceci n'était temporairement pas permis parce qu'en gare de Louvain certaines voies n'étaient pas du tout équipées d'ETCS et d'autres seulement dans un sens. Il existait le risque que le conducteur de train ne sélectionne pas, au départ de la gare, le bon niveau de sécurisation sur l'appareil de bord (STM/ETCS). La solution retenue était une adaptation temporaire au RSEIF 3.5 prévoyant à partir du quai un démarrage systématique en mode STM et ceci sur toutes les voies, que ces dernières soient équipées ou non d'ETCS (RSEIF 3.5 : Livre 3 : commande et signalisation – Fascicule 3.5 : lignes équipées d'un système de signalisation de cabine) – le système de signalisation de cabine ETCS.*

Photo 2.2 : l'aspect VJH de signal H-K.9.

Un aspect Vert-Jaune Horizontal commande *que la vitesse du mouvement doit être adaptée pour que la réduction de vitesse* (dans ce cas de 40 km/h), *imposée par le grand signal d'arrêt suivant* (dans ce cas EZ-H.9), *puisse être respectée*[7].

Le chevron blanc "V" sur l'écran complémentaire au-dessus du signal informe le conducteur que *le mouvement change de régime à hauteur du signal*[8] (dans ce cas H-K.9) et annonce, autrement dit, que le train est dirigé à contre-voie (dans ce cas voie A de L.36) par des aiguillages.

Remarque RSEIF
D'après le RSEIF : *la vitesse imposée doit être respectée au premier appareil de voie.*
Aux conducteurs de train s'appliquent les règles SNCB qui sont plus strictes : la vitesse imposée doit être respectée au droit du signal suivant[9].

Indicateur lumineux IOT[10]
Les gares utilisent des indicateurs lumineux IOT pour donner la communication « OT » au conducteur de train. Le conducteur de train est ainsi informé que les opérations « embarquement et débarquement des voyageurs » sont terminées. Ces indicateurs IOT se composent d'un boîtier comportant des lumières qui peuvent être éteintes, dont 1 lumière rouge s'allume ou présentant une couronne de 6 lumières blanches (jaunes). L'IOT est desservi par le chef de bord depuis le quai : la lumière rouge s'allume dès l'instant où le boîtier de commande est desservi par le chef de bord. Lorsque le signal de départ le permet, après un intervalle de 10 secondes, la couronne de 6 lumières blanches (jaunes) apparaît automatiquement à la place de la lumière rouge. Ces lumières s'éteignent automatiquement à la fermeture du signal de départ.

L'indicateur IOT est installé au bas du poteau de signalisation du signal lumineux H-K.9.
Le départ des trains de voyageurs escortés est subordonné aux conditions suivantes :

- *réception par le conducteur d'une information « Opérations Terminées » (OT) ;*
- *respect par le conducteur des indications données par la signalisation, par un ordre de franchissement ou par une des autorisations prévues.*

Aiguillages
En aval de la voie EBP 307, du quai VII et du signal H-K.9, le train IC 3636 passe par une série d'aiguillages (voir représentation schématique, p.15).
Le passage sur les aiguillages se déroule en 2 phases :

- passage rapproché sur les aiguillages 80BK – 14K – 13BK – 13AK pour arriver à la voie EBP 305 et tout droit sur la voie EBP 305 sur une distance d'environ 150 m (sur les aiguillages 15BK – 16BK) jusqu'à l'aiguillage 05BK
- passage sur les aiguillages 05BK et 05AK pour arriver à la voie 033,
  et circuler tout droit sur la voie 033, distance d'environ 680 m (sur les aiguillages 10H) jusqu'à l'aiguillage 09BH

Entre le signal de départ H-K.9 et l'aiguillage 05AK, aucun signal ou panneau de signalisation n'est installé.

7 *RSEIF 3.1 § 2.3.5.3.*
8 *RSEIF 3.1 § 2.4.1.1 et suivants.*
9 *HLT II.A.4 point 4.1 et HLT II.B.1 Annexe III point 4.4 -2.*
10 *IOT: Indicateur Opérations Terminées (voir : RSEIF 4.1 chapitre 9.2.1).*

Panneaux repères de Ligne 36 et panneau repère « panneau de fin de zone jaune à bord vert 9 » permanent

Photo 2.3 : panneau de fin de zone « 9 » avec panneau repère L.36.

En aval du dernier aiguillage, à savoir l'aiguillage 05AK, se trouve un panneau repère bleu avec l'inscription « 36 » blanche. *Ce panneau indique le numéro de la ligne sur laquelle le mouvement est engagé OU vers laquelle il se dirige*[11]. Ce panneau repère se trouve à 485 m en aval du signal de départ H-K.9. Une flèche indique la voie sur laquelle porte le panneau repère. Ceci est nécessaire parce que la configuration est possible aussi bien à gauche qu'(exceptionnellement) à droite de la voie[12] ou parce qu'elle peut prêter à confusion.

Sur ce même poteau, au-dessus du panneau repère « 36 », un panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent portant l'inscription « 9 » a été placé. *Ce panneau indique la vitesse maximale autorisée à partir de cet endroit* (90 km/h) : le train *peut relever sa vitesse à la valeur indiquée, pour autant que le dernier véhicule ait dépassé ce panneau. La vitesse indiquée est inférieure la vitesse de référence*[13].

Remarques (RSEIF)

1) aucune relation n'existe entre :

- les signaux de vitesse d'une part et entre les feux principaux des signaux de base et les signaux complémentaires d'autre part[14]

2) deux panneaux au maximum (disque bleu à flèche blanche exclu) peuvent être superposés sur un même poteau ou un même support pour autant qu'ils n'aient pas une base commune[15].

Signal EZ-H.9

Photo 2.4 : aspect vert signal EZ-H.9.

En aval du panneau de fin de zone suit un virage, suivi d'une section droite. Sur cette section droite se trouve le signal EZ-H.9. Ce signal est un grand signal desservi, équipé depuis 2016 de la technologie ETCS 1/TBL1+ (Eurobalises) et de crocodile.

Le signal se trouve 1146 m en aval du signal H-K.9 et est orienté vers le sud.

Le signal EZ-H.9 est un signal à contrevoie : il est installé à droite de la voie et les lumières clignotent.

Pour l'itinéraire enclenché, le signal présente un aspect vert avec un chevron blanc « V » sur l'écran complémentaire supérieur et un chiffre « 4 » blanc sur l'écran complémentaire inférieur.

Le chevron blanc sur l'écran complémentaire au-dessus du signal informe le conducteur que *le mouvement change de régime à hauteur du signal*[16] (dans ce cas EZ-H.9) et annonce, autrement dit, que le train est dirigé à voie normale (dans ce cas voie B de L.36) par des aiguillages. Le nombre « 4 » blanc *indique la vitesse maximale, applicable au plus tard à partir du premier appareil de voie*[17].

11 *RSEIF 3.1 chapitre 5.3.1.3.*
12 *RSEIF 3.1 chapitre 1.1.4.3.*
13 *RSEIF 3.1 chapitre 6.1.2.5.*
14 *RSEIF 3.1 § 1.1.3.*
15 *RGE-722_1 (2016) § 5.2.*
16 *RSEIF 3.1 chapitre 2.4.1.*
17 *RSEIF 3.1 chapitre 2.4.5.1.3.*

Jonction des aiguillages 09BH-09AH
420 m en aval du signal EZ-H.9, le train IC 3636 circule sur les aiguillages 09BH, puis 09AH.

Aiguillage 09BH
Cet aiguillage est du type TJDEUH4 et la circulation peut se faire à gauche à une vitesse maximale de 40 km/h.

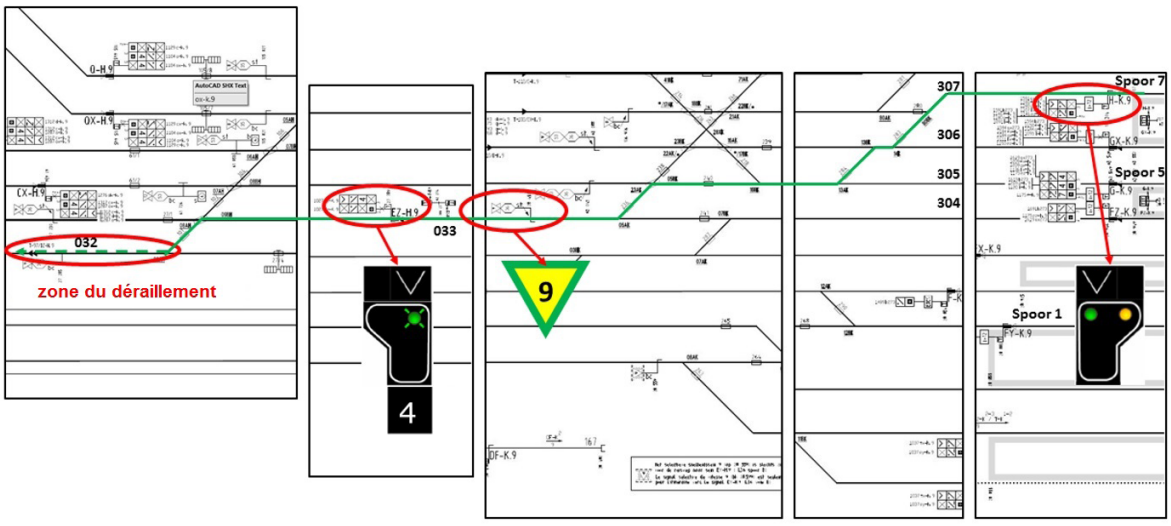
Aiguillage 09AH
Cet aiguillage est du type F4uP-H4A et la circulation peut se faire à gauche à une vitesse maximale de 40 km/h.

Remarque jonction des aiguillages 15AF - 15BF
Sur la L.36 se trouve, en aval de l'aiguillage 09BH, la jonction des aiguillages 15AF – 15BF de Y. Wilsele.

Ces aiguillages sont du type P1150 XA1/18,2. Ils peuvent être parcourus à une vitesse maximale de 90 km/h.

En aval de cet aiguillage, ces trains arrivent au signal suivant : le signal DZ-F.9, qui présente un aspect vert avec chevron. Ce chevron annonce que les trains en aval de ce signal, via les aiguillages 15BF – 15AF, circulent à nouveau suivant le régime de voie normale.

Le PSS et l'itinéraire du train IC 3636
La signalisation entre la gare de Louvain et le lieu de l'accident est représentée dans les extraits ci-dessous du PSS (Plan Schématique de Signalisation). L'itinéraire suivi par le train IC 3636 est représenté dans le schéma ci-dessous par une ligne verte en traits pleins, et l'itinéraire planifié en temps réel par une ligne verte en pointillés. Sur l'itinéraire de la gare de Louvain jusqu'au lieu de l'accident sont installés 2 signaux et 1 panneau de vitesse. La position des deux signaux et du panneau de vitesse est entourée en rouge.



2.2.4. MOYENS DE COMMUNICATION

Analyse des conversations GSM-R et Etrali

Les conversations entrantes et sortantes avec des postes de signalisation ou avec Traffic Control via des postes téléphoniques officiels sont enregistrées. Les conversations et le rapport I-ICT sont demandés et analysés (autres sources d'informations en italique). Il en résulte une ligne du temps de certains événements :

- 13h12 : notification de la coupure de l'alimentation
- 13h14 : appel de CS100 Louvain via le téléphone rouge de TC, position du train inconnue
- 13h16 : CS100 Louvain demande confirmation d'un déraillement, localisation du train inconnue
  Alarme via GSM-R – tous les trains en direction de Louvain sont arrêtés, confirmation du déraillement,
- 13h18 : confirmation du déraillement de l'IC 3636
- 13h19 : la Police des Chemins de fer demande des informations, TC fournit des informations complètes
  application du Tableau 1, plus de trains via L.36 et L.36N
- 13h20 : CS100 reçoit des détails - *services incendie alertés / démarrent*
- *13h27 : services incendie sur place et début de l'évacuation*
- 13h33 : le Leader Infrabel est sur place
- 13h38 : le Leader Infrabel reçoit l'autorisation du Bloc 9 d'accéder aux voies (tension coupée)
- *13h30 - 13h45 : concertation mutuelle (disciplines D1 – D2 – D3, représentant d'Infrabel, …)*

2.2.5. TRAVAIL RÉALISÉ SUR LE SITE OU À PROXIMITÉ DU SITE DE L'ACCIDENT

Il n'y a pas de travaux dans la zone située entre le lieu de départ et le lieu de l'accident.

2.2.6. DÉCLENCHEMENT DU PLAN D'URGENCE FERROVIAIRE ET SA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS

Les plans internes d'urgence et d'intervention de l'entreprise ferroviaire et du gestionnaire d'infrastructure entrent en action.

2.2.7. DÉCLENCHEMENT DU PLAN D'URGENCE DES SERVICES PUBLICS DE SECOURS, DE LA POLICE ET DES SERVICES MÉDICAUX ET SA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS

Aucune phase du plan catastrophe n'est annoncée.

2.3. PERTES HUMAINES, BLESSÉS ET DOMMAGES MATÉRIELLES

2.3.1. PASSAGERS, TIERS, PERSONNEL, Y COMPRIS LES CONTRACTANTS

Il y a 84 personnes à bord du train qui a déraillé :

- 1 voyageur décède sur place ;
- 23 voyageurs et le conducteur de train sont légèrement blessés ;
- 3 voyageurs sont grièvement blessés et évacués vers les hôpitaux locaux.

2.3.2. FRET, BAGAGES ET AUTRES BIENS

Les trois voitures de la rame automotrice MR 326 déraillent et sont endommagées. Le déraillement provoque d'importantes perturbations de la circulation. Tout de suite après l'accident, la circulation sur différentes lignes est interrompue.

2.3.3. MATÉRIEL ROULANT, INFRASTRUCTURE ET ENVIRONNEMENT

D'importants dégâts sont occasionnés aux voies, à la caténaire et aux aiguillages et les travaux de réparation durent une semaine entière.

2.4. CONDITIONS EXTERNES

2.4.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

L'accident a lieu le 18 février 2017 à 13h11:53. Le temps est clair, la visibilité générale est bonne et le soleil est bas.

2.4.2. CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES

Le train déraille sur la L.36. À droite de la L.36 se trouve la ligne ferroviaire L.53. À gauche de la L.36 se trouve un talus avec, en bas de celui-ci, un ruisseau : le Vunt. Le ruisseau Vunt est parallèle à la Dijleweg et à la rivière à côté de celle-ci, la Dyle.

La voiture qui s'est renversée se trouve au bord du talus. Un poteau caténaire plié empêche la voiture de glisser du talus.

Photo 2.5 : localisation de l'accident.

3. COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS ET ENQUÊTES

3.1. RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES

Des témoignages recueillis lors d'interviews et des explications reprises dans des procès-verbaux peuvent constituer une importante source d'information pour la conduite d'une enquête de sécurité, en particulier si une analyse du facteur humain s'impose.

Afin de protéger la confidentialité des témoins et de favoriser un dialogue aussi ouvert que possible, avant le début d'une interview de sécurité, il est convenu que le rapport ne mentionne pas de noms et ne reprend pas de transcriptions de déclarations.

Pendant l'enquête de sécurité sur l'accident de Louvain, de nombreuses interviews sont organisées avec notamment :

- des conducteurs de train de la SNCB ;
- des instructeurs-conducteurs de train de la SNCB ;
- des régulateurs de ligne d'Infrabel.

Dans le cadre de cette enquête de sécurité, les interviews ont pour objectif d'obtenir une meilleure idée du ressenti des conducteurs de train suivant ou ayant suivi régulièrement le même itinéraire sur le trajet au départ de Louvain.

Avant la conduite des interviews, l'Organisme d'Enquête filme 3 trajets au départ des voies 1 et 7 en direction de Bruxelles via la L.36. Il est ensuite demandé aux conducteurs de train de participer à un « test de substitution » dans le cadre duquel on montre les enregistrements vidéo de ces 3 trajets. Les images sont abordées et les expériences échangées en groupe. Les résultats des interviews sont abordés au chapitre 3.6.

Un élément très instructif pour cette enquête de sécurité est formé par les témoignages sur des automatismes individuels ou gestes-métiers nouveaux ou adaptés que chacun de ces conducteurs de train s'impose pour éviter d'oublier un aspect VJH obtenu. Un élément de clarification pour cette enquête est formé par les témoignages de conducteurs de train ayant été récemment confrontés à des problèmes similaires au même endroit. Les principales conclusions sont traitées au chapitre 3.

Grâce à la coopération de ces conducteurs de train, l'Organisme d'Enquête pense pouvoir établir un lien entre différents incidents présentant de fortes similitudes avec les événements du 18/02.

3.2. SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ

3.2.1. PROCESSUS DE CONCEPTION ET D'AMÉLIORATION

3.2.1.1. EVALUATION DES RISQUES

Maîtrise des risques qui ont un lien avec les activités des entreprises ferroviaires et des gestionnaires d'infrastructure

1. Maîtrise des risques pour le franchissement de signal

La non-adaptation (à temps) de la vitesse peut dans certains cas entraîner un franchissement de signal. Afin d'éviter que des conducteurs de train soient surpris par la rencontre soudaine d'un signal fermé, des **mesures préventives** ont été mises en place :

- le signal en amont du signal fermé présente un aspect restrictif 2J (double Jaune) ;
- des gestes-métiers spécifiques pour l'adaptation de la vitesse après l'obtention d'un aspect 2J sont repris dans la règlementation interne (RSEIF, HLT) ;
- les conducteurs de train sont chargés d'exécuter la mission CAP ;
- ces gestes-métiers ont été documentés et sont appris lors de formations ;
- dans la cabine de conduite, une lampe de mémorisation rappelle la mission restrictive…

En outre, des **mesures correctives** (freinage automatique/freinage d'urgence après intervention de TBL1+(+) ou ETCS) ont été mises en place pour éviter un franchissement de signal.

2. Maîtrise des risques pour la vitesse lors du passage sur des aiguillages et le changement de régime

La non-adaptation (à temps) de la vitesse, par exemple lors d'un changement de régime, peut dans certains cas entraîner le passage dans des virages, formés par des aiguillages, à une vitesse non adaptée, avec pour conséquence des dégâts occasionnés à l'infrastructure, voire un déraillement. Pour faire circuler un train à une vitesse adaptée sur ces aiguillages, un signal peut imposer une limitation de vitesse. Parfois, la limitation de vitesse imposée est présentée à un signal qui n'est installé qu'à une dizaine de mètres en amont de l'aiguillage. Lors d'un changement de régime, un écran complémentaire supérieur sur ce signal présente également un chevron (un « V » blanc).

Afin d'éviter que des conducteurs de train soient surpris et n'adaptent pas leur vitesse à temps, des mesures préventives ont été mises en place :

- le signal en amont du signal imposant une limitation de vitesse présente un aspect restrictif VJH (Vert-Jaune Horizontal) ;
- des gestes-métiers spécifiques pour l'adaptation de la vitesse après un aspect VJH sont repris dans la règlementation interne (RSEIF, HLT) ;
- ces gestes-métiers ont été documentés et sont appris lors de formations ;
- dans la cabine de conduite, une lampe de mémorisation rappelle la mission restrictive.

En outre, pour des trains équipés d'un système de signalisation adapté de type ETCS, une **mesure corrective** (freinage/freinage d'urgence après intervention d'ETCS) a été mise en place afin d'éviter un passage à une vitesse non adaptée à un signal imposant une limitation de vitesse. Il n'existe pas de mesure corrective similaire pour des trains équipés d'un système d'aide à la conduite de type TBL1+(+).

Dans des cas très spécifiques, tels que le départ à Louvain, un panneau de fin de zone (qui donne l'autorisation d'augmenter la vitesse) peut être installé en aval d'un signal présentant un aspect VJH. La règlementation interne (HLT et RSEIF) autorise une augmentation de la vitesse en aval de ce panneau.

Dans ce cas spécifique, la règlementation ne tient compte que dans une mesure limitée **à titre préventif** du risque d'oubli de la réduction de vitesse précédemment annoncée : la règlementation HLT et les formations de conducteurs de train font référence au piège de l'accélération, puis de l'oubli de la commande « adapter la vitesse ».

Pour des trains équipés d'un système de signalisation adapté de type ETCS, une **mesure corrective** (freinage/freinage d'urgence après intervention d'ETCS) a été mise en place afin d'éviter un passage à une vitesse non adaptée à un signal imposant une limitation de vitesse.

Pour des trains équipés d'un système d'aide à la conduite de type TBL1+(+), il n'existe pas de mesures correctives similaires : dans le cadre d'un système d'aide à la conduite de type TBL 1+(+), seule une lampe de mémorisation est présente, qui est censée rappeler constamment aux conducteurs de train l'aspect restrictif du signal précédemment présenté.

Constatation 1
Le train qui déraille à Louvain est équipé du système d'aide à la conduite TBL1++. Le système TBL1++ n'a pas été conçu pour appliquer, après l'obtention d'un aspect VJH, une mesure corrective automatique afin d'éviter le passage à une vitesse non adaptée à un signal imposant une limitation de vitesse.

3.2.1.2. FORMATION

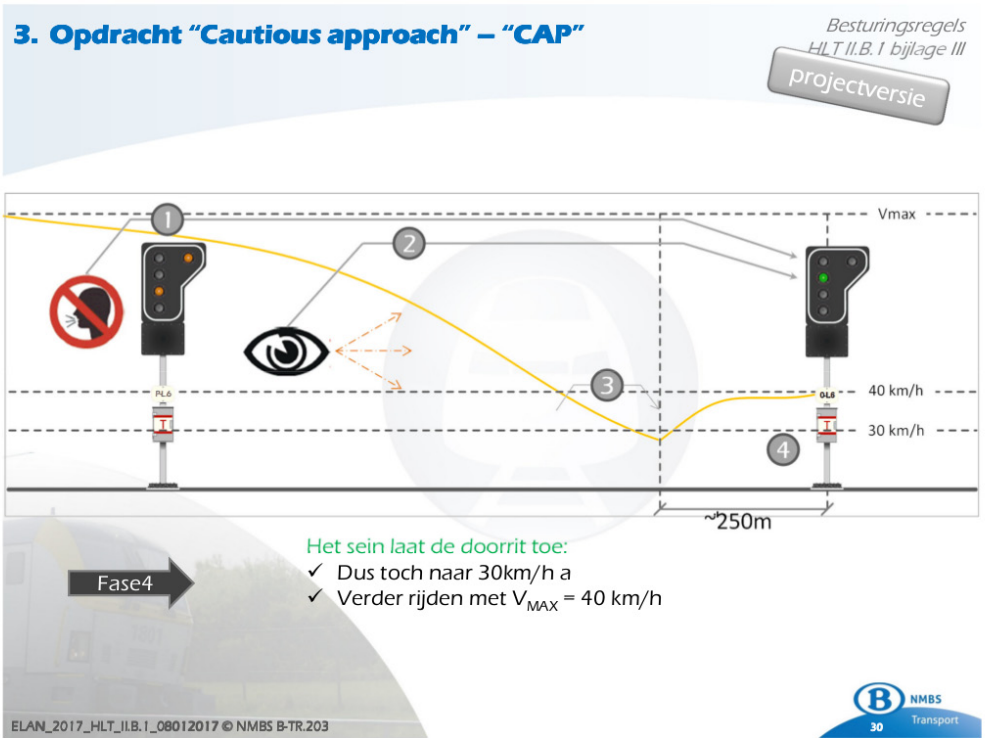
Lors de leurs formations, les conducteurs de train apprennent des gestes-métiers. Les gestes-métiers suivants sont attendus après l'obtention d'un aspect restrictif 2J ou VJH :

1. Aspect restrictif 2J

Pendant leur formation, les conducteurs de train étudient la mission CAP[18] (**C**autious **Ap**proach, voir chapitre 3.3.2). Cette mission est destinée à créer chez les conducteurs de train des automatismes de soutien de sorte qu'ils ralentissent systématiquement de la même façon leur train et, le cas échéant, l'arrêtent à temps si le signal suivant est fermé. Il s'agit d'une mesure préventive nécessaire, qui peut aider à éviter un franchissement de signal. Cette règle n'apporte aucune garantie absolue qu'un franchissement de signal puisse être évité.

Si le conducteur de train ne donne pas la suite appropriée à l'information (commande) 2J obtenue, un système d'aide à la conduite TBL1++ ou un système de signalisation ETCS intervient (mesure corrective). Par l'activation du mode CVR (Contrôle Vitesse Réduite), un train équipé du système d'aide à la conduite TBL1++ sera arrêté par un freinage d'urgence lorsque la vitesse du train n'est pas ralentie à temps en dessous des 40 km/h.

La diapositive 1 ci-dessous (version de projet antérieure à l'accident et destinée à soutenir des programmes de formation suivis par des conducteurs de train) illustre les gestes-métiers attendus des conducteurs de train.



Diapositive 1 : gestes-métiers après un aspect 2J, mission CAP.

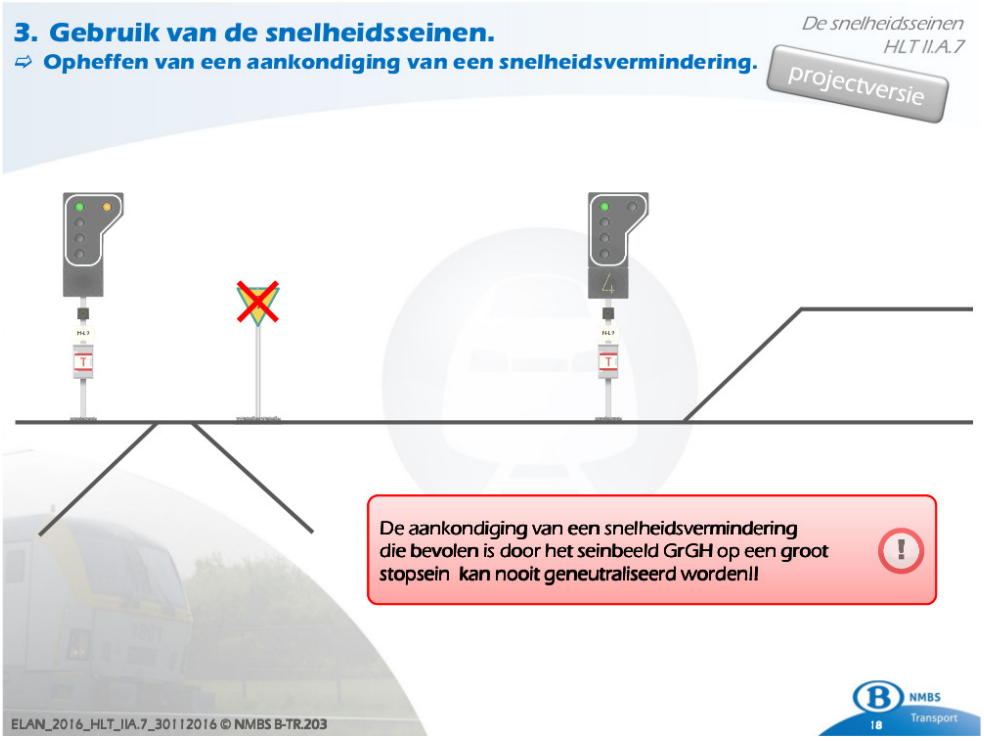
18 *HLT II B.1 Annexe 3.*

2. Aspect restrictif VJH

La diapositive 2 ci-dessous (version de projet antérieure à l'accident et destinée à soutenir des programmes de formation suivis par des conducteurs de train) illustre les gestes-métiers que les conducteurs de train doivent appliquer dès l'obtention d'un aspect VJH.

Diapositive 2 : gestes-métiers après un aspect VJH.

La diapositive 3 ci-dessous (version de projet antérieure à l'accident et destinée à soutenir des programmes de formation suivis par des conducteurs de train) avertit les conducteurs de train de ne pas accélérer à un panneau de fin de zone après l'obtention d'un aspect VJH.



Diapositive 3 : geste-métier après un aspect VJH, suivi d'un panneau de fin de zone.

L'application de ce geste-métier est constatée lors de la reconstitution de l'accident à Louvain (après le passage au panneau de fin de zone « 9 », le conducteur de train n'accélère pas) et est confirmée par tous les conducteurs de train interrogés.

Remarque : aucune des diapositives précédentes n'aborde des situations de départ.

3.2.1.3. SURVEILLANCE

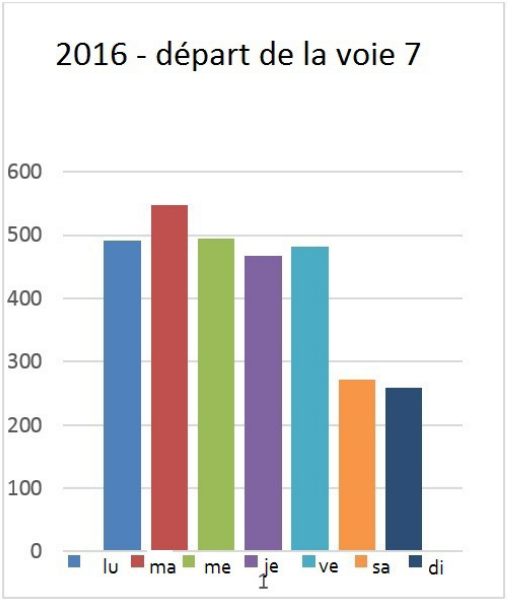
L'entreprise ferroviaire évalue la qualité des prestations de son personnel après l'obtention des licences. La conduite des conducteurs de train est notamment contrôlée au moyen d'analyses de données de parcours et via un encadrement et un accompagnement. Des rapports CLH (Contrôle Ligne Hiérarchique) et les rapports d'encadrement et d'accompagnement mentionnent d'éventuelles remarques, qui sont ensuite abordées avec les conducteurs de train. Le cas échéant, on entreprend des actions destinées à améliorer la conduite ou les habitudes de conduite.

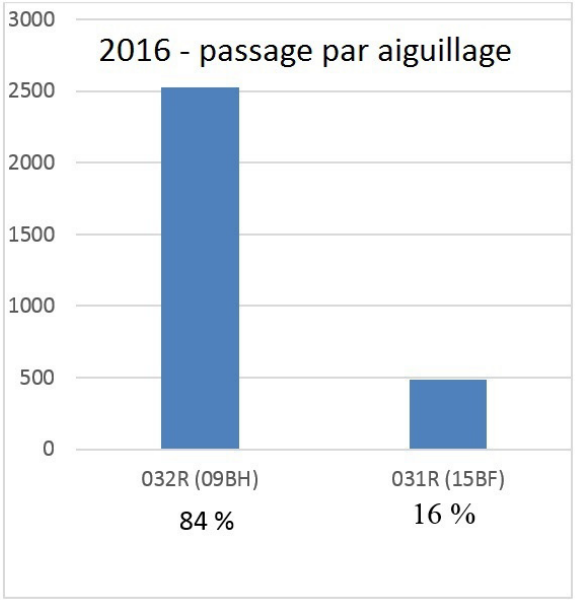
Surveillance des itinéraires
La L.36 offre la possibilité d'envoyer des trains de Louvain en direction de Bruxelles. Le départ se fait en principe depuis la voie 1 ou 7, exceptionnellement depuis la voie 5 (voir PSS, chapitre 2.2.3).

Au départ de la voie 1, un train part directement sur la L.36, voie B : les jonctions des aiguillages 09BH – 09AH et 15BF – 15AF ne sont pas parcourues. Au départ de la voie 7 (ou voie 5), les trains sont d'abord dirigés via des aiguillages en direction de la L.36 voie A. En aval de ces aiguillages, les trains parcourent plusieurs centaines de mètres en contrevoie sur cette voie A, avant de dévier à nouveau vers la voie normale B. Ceci a lieu via la jonction des aiguillages 15BF – 15AF proposée de manière préprogrammée, ou la jonction des aiguillages 09BH – 09AH utilisée comme alternative.

Infrabel fournit des statistiques sur les passages de trains sur les jonctions des aiguillages 09BH – 09AH et 15BF – 15AF, en combinaison avec un départ de la voie 7 en direction de Bruxelles – L.36. Il ressort des statistiques de 2016 qu'un départ de la voie 7 en direction de Bruxelles – L.36 est un événement quotidien et que 3013 trains sont partis de la voie 7 en direction de Bruxelles – L.36.

Malgré la préprogrammation pour tous ces trains du changement de voie via la jonction des aiguillages 15BF – 15AF, les graphiques ci-dessous révèlent que seulement 16 % des trains suivent l'« itinéraire préprogrammé ». Dans 84 % des cas, les trains changent de voie sur la jonction des aiguillages 09Bh – 09AH. En d'autres termes, la règle (entendez par là l'itinéraire préprogrammé via la jonction des aiguillages 15BF – 15AF) est devenue une exception et ce qui devait – selon la planification saisonnière – constituer une exception (à savoir la déviation via la jonction des aiguillages 09BH – 09AH) est devenu de facto la règle. Ces statistiques ne révèlent aucune information quant au nombre de conducteurs de train confrontés à cette exception.





Il ressort du tableau ci-dessous qu'un départ de la voie 7 en direction de la jonction des aiguillages 09BH – 09AH a principalement lieu avec un aspect VJH + chevron (signal H-K.9), et un départ en direction de la jonction des aiguillages 15BF – 15AF essentiellement avec un aspect V (signal H-K.9). Le signal EZ-H.9 présente dans 98 % des situations un aspect V ou V + chevron, et exceptionnellement un aspect 2J.

signal H-K.9	V + chevron	2J + chevron	VJH + chevron	V	total
→ 09BH-09AH	-	123 (4%)	2406 (80%)	-	2529 (84%)
→ 15BF-15AF	454 (15%)	30 (1%)	-	-	484 (16%)
signal EZ-H.9	V + chevron + 4	2J + chevron + 4	2J	V	total
→ 09BH-09AH	2483 (83%)	46 (2%)			2529 (84%)
→ 15BF-15AF			29 (1%)	455 (15%)	484 (16%)

Durant les premiers mois de 2017, ces proportions restent maintenues. En d'autres termes, il peut être confirmé que :

Constatation 2
Le départ du train IC 3636 le 18/2/2017 de la voie 7 à Louvain, en direction de Bruxelles via la jonction des aiguillages 09BH – 09AH, se déroule de manière routinière et selon un enchaînement parfaitement reconnaissable.

Surveillance de la manière de conduire des conducteurs de train
Il ressort des données demandées que la SNCB investit d'importants efforts pour contrôler la manière de conduire de ses conducteurs de train. La SNCB mène chaque mois 650 analyses de parcours ou plus. Dans 1 analyse sur 10, des infractions aux règles internes sont constatées. Les constatations sont en principe suivies pour ajuster – le cas échéant – la manière de conduire des conducteurs de train concernés.

Sur la base des données demandées, l'aperçu suivant des infractions a pu être constitué :

	Nombre d'infractions constatées (échantillons et données demandées)					
Type d'infractions	**Octobre 2016**	**Novembre 2016**	**Décembre 2016**	**Janvier 2017**	**Février 2017**	**Mars 2017**
OES/RES intervention TBL1+(+)	**17** (2.2 %)	**13** (1.6%)	**8** (1.2%)	**14** (2.2%)	17 (2.2%)	**7** (1.0%)
dépassement vitesse autorisée >30 km/h	**3** (0.4%)	**3** (0.4%)	**2** (0.3%)	**0** (0.0%)	**0** (0.0%)	**2** (0.3%)
VES[19] pointage tardif	**2** (0.3%)	**5** (0.6%)	**2** (0.3%)	**6** (0.9%)	**6** (0.8%)	**7** (1.0%)
Autre	**41** (5.3%)	**41** (5.2%)	**33** (5.0%)	**62** (9.6%)	**54** (6.9%)	**43** **(6.2%)**
Total infractions :	**63** (8.2%)	**62** (7.8%)	**45** (6.9%)	**82** (12.8%)	**77** (9.8%)	**59** (8.5%)
Total échantillons :	**769**	**793**	**654**	**643**	**785**	**695**

Les statistiques ci-dessus révèlent qu'un arrêt d'urgence par intervention de TBL1+(+) est constaté dans env. 2,5 % des analyses de parcours. Ceci représente env. 23,4 % du nombre d'incidents constatés.

19 *VES: vigilence emergency stop en cas de pointage incorrect d'un aspect restrictif.*

Il s'agit de la somme des éléments suivants :

- intervention RES[20] dans les SPAD ;
- intervention OES[21] en cas de freinage tardif (v > 40 km/h 300 m en amont d'un signal fermé) ;
- intervention OES en cas de relèvement précoce de la vitesse jusqu'à > 40 km/h après que la vitesse est retombée sous les 40 km/h. Ces interventions OES sont uniquement possibles pour des trains équipés de TBL1++ et après l'obtention d'un aspect 2J : TBL1++ n'intervient pas après l'obtention d'un aspect VJH.

Durant les interviews, des conducteurs de train témoignent être confrontés 1 à 2 x par mois à des incidents (RES, OES, VES, freinage tardif…). Le contrôle systématique des analyses de parcours par l'entreprise ferroviaire ne permet pas d'estimer l'ampleur réelle de certaines catégories d'incidents. Tel est par exemple le cas pour une vitesse non adaptée à temps après l'obtention d'un aspect VJH.

L'Organisme d'Enquête constate toutefois lors de l'étude de nombreuses données de parcours de conducteurs de train impliqués dans des accidents, réparties sur une période de plusieurs semaines avant un accident, que ces incidents sont nettement plus fréquents chez certains conducteurs de train, parfois quotidiens. Il n'en est fait aucune mention dans les dossiers de ces conducteurs de train. Il en ressort que ces incidents n'ont pas pu être identifiés (à temps) par l'entreprise ferroviaire.

Constatation 3
Les analyses de parcours montrent que de nombreux incidents sont enregistrés chaque mois, tels que pointages tardifs, vitesse inadaptée ou freinages d'urgence lors du passage d'aspects 2J.

Les vitesses inadaptées lors d'un passage de signal qui impose une limitation de vitesse annoncée précédemment par un aspect VJH ne sont pas systématiquement analysées. Ces incidents doivent être considérés comme des signes précurseurs d'accident.

3.2.1.4. APPRENTISSAGE ORGANISATIONNEL

Comme indiqué au chapitre 2.2.1, le conducteur de train dispose des licences et de la connaissance des lignes et du matériel nécessaires, et suit des formations permanentes.

Sa connaissance des lignes implique, par exemple, la connaissance des lignes des zones de gares des lignes sur lesquelles il peut circuler. Il est toutefois impossible de s'exercer pendant des formations pratiques à toutes les situations susceptibles d'être rencontrées. Il en va par exemple de même pour la conduite suivant le régime de contrevoie.

La connaissance des lignes est par conséquent en grande partie théorique et basée sur l'étude personnelle des Plans Schématiques de Signalisation (PSS)[22].

Le conducteur de train dispose d'une connaissance pratique des lignes de la L.36 au départ de la voie 1 à Louvain. Malgré sa longue expérience, il n'est jamais auparavant parti de la voie 7 à Louvain. La connaissance des lignes pour la L.36 au départ de la voie 7 est par conséquent théorique et basée sur l'étude personnelle.

Constatation 4
Malgré sa longue expérience, il n'est jamais auparavant parti de la voie 7 à Louvain. La connaissance des lignes pour la L.36 au départ de la voie 7 est par conséquent théorique et basée sur l'étude personnelle.

20 RES: red emergency stop lors d'un passage à un signal fermé.
21 OES: overspeed emergency stop en cas de vitesse > 40 km/h 300 m en amont du signal fermé (TBL1+ et TBL1++).
22 En réalité, les conducteurs de train se basent sur des Fiches de lignes, PSS adaptés par l'entreprise ferroviaire.

3.2.2. PROCESSUS DE SUPPORT

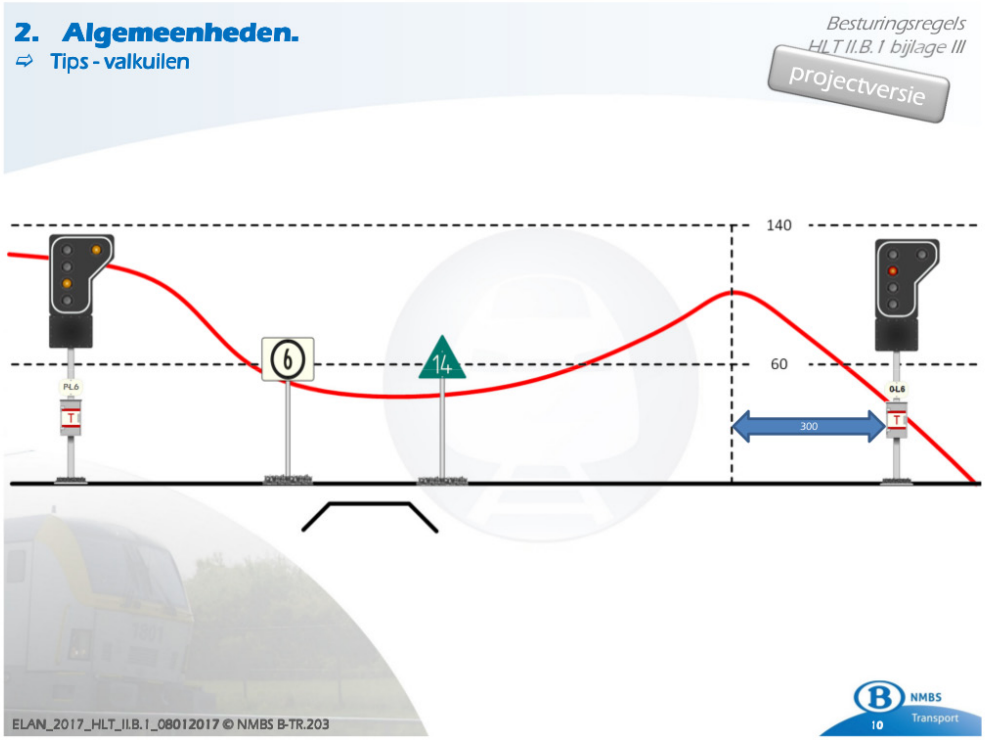
3.2.2.1. GESTION DES COMPÉTENCES

Système de gestion des compétences (programmes de formation pour le personnel)

1. Aspect restrictif 2J

L'entreprise ferroviaire a identifié le risque d'oubli de la limitation de vitesse. Dans le HLT IIB.1, l'entreprise ferroviaire attire l'attention des conducteurs de train sur un certain nombre de « pièges ».

La diapositive ci-dessous (version de projet destinée à soutenir des programmes de formation suivis par des conducteurs de train) illustre comment l'attention des conducteurs de train est particulièrement attirée sur le piège précédemment identifié que pourraient causer des panneaux de vitesse. Le piège consiste en ce que les conducteurs de train, après l'obtention d'un aspect 2J, rencontrent un panneau de fin de zone et accélèrent, puis – oubliant l'aspect restrictif 2J – ne ralentissent pas (à temps), avec pour conséquence un franchissement de signal.



2. Aspect restrictif VJH

La version de projet formation ne prévoit aucune diapositive « Conseils – pièges » après le départ avec VJH. Ceci est en revanche prévu dans la règlementation interne HLT IIB.1 Annexe au point 2.1 Conseils – pièges.

4. Oublier une mission d'arrêt (vitesse annoncée = 0) ou une mission restrictive (vitesse annoncée > 0) se produit généralement :
o après un arrêt (non) prévu ;
o lors de la rencontre d'une autre mission (ex. relèvement de vitesse,…) ;
o lors d'une communication ;
o lors d'un dépannage pendant la marche ;
o lors de circulation perturbée (ex. retard, …) ;
o par la routine ;
o lorsque l'exécution d'une mission est reportée ;
o lors de l'exécution de plusieurs missions.

Les conducteurs de train, dont les instructeurs, interrogés dans le cadre de différentes enquêtes et plus spécifiquement aussi dans le cadre de la présente enquête, témoignent des gestes-métiers (automatismes) qu'ils effectuent pour mémoriser un aspect VJH obtenu et des gestes-métiers correspondants qu'ils posent.

Plusieurs conducteurs de train confirment avoir déjà été confrontés auparavant, dans des circonstances similaires de départ de la voie 7 ou 5 à Louvain, au problème d'« oubli » de la limitation de vitesse imposée. La crainte d'oublier un aspect précédemment obtenu est omniprésente chez eux et ils ont développé une succession de gestes-métiers afin de s'assurer pouvoir se rappeler à tout moment l'aspect du signal.

Outre l'utilisation de moyens mnémotechniques (utilisation d'un panneau rouge sur la cabine de conduite, répétition à voix haute de l'aspect perçu…), les conducteurs de train interrogés témoignent suivre après obtention de l'aspect VJH une procédure, par analogie à la procédure préventive CAP après 2J. Celle-ci consiste à ralentir au besoin à une $v < 40$ km/h, puis à ne plus accélérer jusqu'à ce que l'aspect d'un signal suivant le permette.

Après un départ avec un aspect VJH, la situation est différente. Ces conducteurs de train suivent – d'après leur témoignage – une procédure préventive officieuse similaire à une ancienne procédure, décrite dans l'Avis 3M (janvier 1978[23] : ils ignorent un éventuel panneau de fin de zone afin d'éviter – en cas d'oubli de l'aspect précédemment obtenu – d'être surpris et de circuler trop vite au signal imposant la limitation de vitesse.

La diapositive n° 3 illustrée au point 3.2.1.2 (version de projet antérieure à l'accident et destinée à soutenir des programmes de formation suivis par des conducteurs de train) reflète par conséquent le vécu des conducteurs de train.

La diapositive 3 est effectivement utilisée lors des formations, mais n'a pas encore été approuvée officiellement au moment de l'accident. Les informations contenues dans cette diapositive n° 3 dérogent également à la règlementation RSEIF et HLT, qui autorise l'accélération au panneau de fin de zone. La formation ne traite en outre pas toutes les situations : par exemple, il n'y a pas de diapositive spécifique pour traiter une situation de départ.

Constatation 5
Même si une augmentation de la vitesse au panneau de fin de zone – après obtention d'un aspect VJH - n'est pas interdite par le RSEIF[24 25], de nombreux conducteurs de train n'augmentent pas la vitesse de leur train après le passage d'un panneau de fin de zone (comme à Leuven) après l'obtention d'un aspect VJH. Le choix d'appliquer ou non ce principe est laissé à l'appréciation des conducteurs de train..

23 *Voir chapitre 3.3 sous « Avis 3M de janvier 1978 », Avis n'étant plus d'application.*
24 *RSEIF 3.1 § 2.3.5.3*
25 *La hiérarchie aussi bien du gestionnaire d'infrastructure que de l'entreprise ferroviaire confirme que l'augmentation de la vitesse est souhaitée, ceci afin de ne pas gêner inutilement la circulation.*

Un ancien avis de 1978 (voir chapitre 3.3.2), qui n'est plus d'application actuellement, mentionne : *« il est possible que l'on rencontre un triangle de vitesse en aval d'un signal, (…) l'indication de vitesse d'un tel triangle n'a aucun sens si ce triangle indique une vitesse contraire à la mission reçue en amont ».*

En d'autres termes, la SNCB avait à l'époque identifié un risque lié à une augmentation de vitesse après l'obtention d'un aspect restrictif (2J ou VJH). Le risque identifié consiste à, après l'obtention d'un panneau de fin de zone (autorisant dans certaines circonstances une augmentation de vitesse), relever la vitesse et oublier l'aspect précédemment obtenu, entraînant ainsi le non-respect (à temps) de la limitation de vitesse devant être respectée au pied du signal suivant (version HLT). Un risque possible est qu'un train circule à une vitesse non adaptée sur des aiguillages et endommage ces derniers ou déraille.

Constatation 6
L'entreprise ferroviaire a identifié le risque de la non-adaptation à temps de la vitesse après l'obtention d'un aspect 2J et suivi d'un panneau de fin de zone qui autorise une augmentation de la vitesse. Dans les formations, on attire l'attention des conducteurs de train sur ce piège et il leur est demandé d'effectuer « la mission CAP » de manière préventive.

Il existe un danger comparable après l'obtention d'un aspect VJH, sans qu'une mesure préventive similaire ne soit imposée.

Constatation 7
Une mesure préventive antérieure, applicable après l'obtention d'un aspect restrictif VJH ou 2J, a été supprimée pour prévenir les ralentissements sur le Réseau.

Cette mesure préventive caduque a été remplacée par une nouvelle mesure préventive, la « mission CAP », qui est d'application après l'obtention de l'aspect restrictif 2J. Il s'agit d'une règle de l'entreprise ferroviaire.

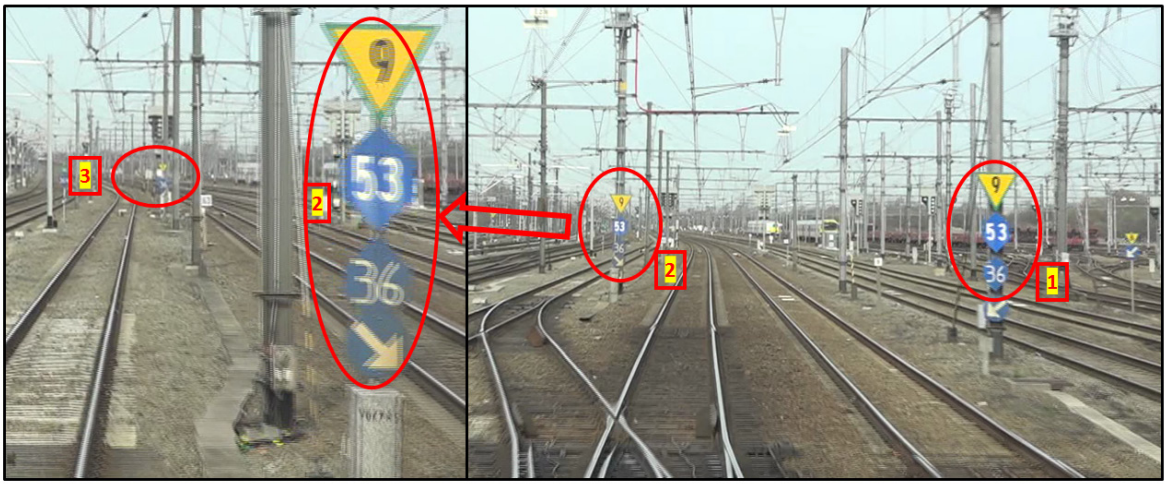
Cette mesure préventive caduque n'a pas été remplacée par une nouvelle mesure préventive après l'obtention de l'aspect restrictif VJH.

3.2.3. ACTIVITÉS OPÉRATIONNELLES

3.2.3.1. RÈGLEMENTS ET PROCÉDURES OPÉRATIONNELS

La définition de « Panneau repère d'une ligne » selon le gestionnaire d'infrastructure telle que reprise dans le RSEIF est différente de celle selon l'entreprise ferroviaire telle que reprise dans le HLT (pour de plus amples détails, voir chapitre 3.3.2).

Compte tenu de la définition « Panneau repère d'une ligne » selon l'entreprise ferroviaire, le train à Louvain circulerait à un moment donné aussi bien sur la L.53 que sur la L.36 (voies A et B, en aval des premiers aiguillages) pour ensuite (en aval des aiguillages suivants) dévier aussi une fois encore vers (une troisième voie de) la L.36. En d'autres termes, 3 panneaux repères d'une ligne (marqués 1 2 3 sur la photo ci-dessous) fournissent des informations sur un numéro de ligne sans que des informations soient disponibles sur la voie (voie A ou B) ou le régime dans lequel on circule (voie normale ou contrevoie).



Constatation 8
La définition de panneau repère de ligne dans le HLT de l'entreprise ferroviaire diverge de la définition énoncée dans le RSEIF du gestionnaire d'infrastructure.

Il ressort de diverses interviews que la plupart des conducteurs de train, gestionnaires de trafic et dirigeants de l'entreprise ferroviaire et du gestionnaire d'infrastructure ignorent la définition correcte de panneaux repères de ligne.

La définition de « Panneau repère de ligne » selon le gestionnaire d'infrastructure est ambiguë et indique la ligne sur laquelle le conducteur de train circule OU la ligne vers laquelle il est dirigé.

Etude
Les conducteurs de train doivent à tout moment pouvoir distinguer la voie normale de la contre-voie, cet élément étant déterminant pour la perception d'un signal : pour les conducteurs de train circulant à contrevoie, les signaux sont toujours installés à droite ; pour les conducteurs de train circulant à voie normale, les signaux sont installés à gauche.

La configuration de 3 panneaux repères de ligne « 36 » sur 3 voies différentes et à distance de vue – dans le contexte donné de Louvain – induit en erreur les conducteurs de train et peut les inciter à développer une logique incorrecte : si les conducteurs de train, par exemple par distraction, viennent à penser par réflexe qu'ils circulent à voie normale après le passage sur le dernier aiguillage (aiguillage 05A), ils vont inconsciemment et par réflexe chercher des signaux censés être installés à gauche de la voie.

Le risque de développer cette logique incorrecte est accru par la mise en scène, en l'occurrence par le fait que le passage sur les aiguillages successifs se déroule en 2 étapes dans un environnement « monotone ». Dans ce cas, une logique réaliste – mais incorrecte – est que la succession des régimes est : « voie normale → contrevoie → voie normale ».

Constatation 9
L'ambiguïté de la définition d'un panneau repère de ligne dans le HLT et la disposition de 3 panneaux repères de ligne « L.36 » quasi contigus sur 3 voies parallèles a induit chez le conducteur de train un raisonnement erroné de « conduite dans la direction de la voie normale sur L.36 ».

3.3. RÈGLES ET RÉGLEMENTATION

3.3.1. LES RÈGLES D'EXPLOITATION, LES INSTRUCTIONS LOCALES, LES EXIGENCES APPLICABLES AU PERSONNEL, LES PRESCRIPTIONS D'ENTRETIEN ET LES NORMES APPLICABLES

La réglementation interne Panneau repère d'une ligne

- ***Définition selon l'entreprise ferroviaire HLT[26] II.A.12:***

2 Panneau repère de ligne

Aspect	Signification	Représentation schématique
Ex.	Indique le numéro de la ligne.	*Ex.*

Si le numéro de la ligne qui figure sur le panneau est différent de celui repris sur la fiche de service ou sur un document équivalent, le conducteur s'arrête en effectuant un freinage de service. L'arrêt du convoi n'est pas requis lorsque l'itinéraire suivi est un itinéraire de déviation.

- ***Définition selon le gestionnaire de l'infrastructure RSEIF[27] Fascicule 3.1 chapitre 5.3.1***
  Ce panneau indique le numéro de la ligne sur laquelle le mouvement est engagé ou vers laquelle il se dirige.

Pour l'analyse voir chapitre 3.2.3.1

La réglementation interne vitesse contre aspect restrictif

- ***RSEIF Fascicule 3.1 chapitre 2.3.5 Aspect Vert-Jaune-Horizontal***

« la vitesse du mouvement doit être adaptée pour que la réduction de vitesse imposée par le grand signal d'arrêt suivant puisse être respectée (…). »

- ***HLT II Titre A Chapitre 7 :***

3.4.1 Relèvement de vitesse signalisé

Indépendamment de la technologie utilisée pour l'annonce et l'origine de la zone à vitesse réduite, le relèvement de vitesse est autorisé par une indication de vitesse relevée :
- soit sur un grand signal d'arrêt ;
- soit sur un panneau de fin de zone ou sur un panneau de vitesse de référence ;
- soit sur un signal sélectif de fin de zone ou sur un signal sélectif de vitesse de référence.
En l'absence d'une nouvelle indication de vitesse signalisée, le conducteur de train continue son trajet et respecte la dernière indication de vitesse rencontrée.

- ***HLT II Titre B.1 Annexe III***

4.4 VJH sur un grand signal

1. Autorise le passage et annonce toujours un grand signal d'arrêt (qui peut être situé à une courte distance) ouvert en GM avec une indication de vitesse réduite (= mission restrictive).
2. Adapter la vitesse du convoi afin de respecter la vitesse réduite présentée au droit du grand signal d'arrêt suivant.

26 *HLT Handboek Livret Treinbestuurders.*
27 *RSEIF Règles de Sécurité en matière d'Exploitation de l'Infrastructure Ferroviaire.*

4.2 2J ou 1J sur un grand signal

1. Autorise le passage et annonce que le prochain signal (qui peut être situé à une courte distance) doit être considéré comme fermé (= mission d'arrêt).
2. S'il s'agit d'un grand signal d'arrêt, appliquer « CAP ».
3. S'il s'agit d'un signal avertisseur et que vous circulez en GM, appliquer « CAP ». Si circulation en pm, poursuivre en « pm ».
4. Lorsque la vitesse au droit du grand signal présentant 2J ou 1J est inférieure à 40 km/h, ou lorsqu'en aval cette vitesse devient inférieure à 40 km/h (ex. un arrêt), elle doit être maintenue à moins de 40 km/h jusqu'au droit du signal suivant !
5. S'il s'agit d'un grand signal d'arrêt, compléter le freinage pour circuler à max. 20 km/h en cas :
- *d'accès à une voie en impasse à partir de 200 m en amont du signal de repérage de heurtoir ;*
- *d'accès à une très courte section (présence d'un trait lumineux blanc à l'écran complémentaire supérieur et d'un trait horizontal sur le panneau d'identification du grand signal d'arrêt) au droit de ce grand signal d'arrêt 2J ou 1J.*

- ***Mission CAP HLT II Titre B 1 Règles de conduite***

La mission CAP doit être exécutée par les conducteurs de train en 4 étapes lors de l'obtention d'un **aspect 2J**.

PHASE 1 se préparer à appliquer la mission CAP	*mémoriser l'aspect du signal, couper la traction, interrompre toute conversation ou toute opération de dépannage*
PHASE 2 ne pas détourner son attention de la signalisation	*estimation permanente de distances, contrôle de la décélération, surveillance accrue pour identifier l'emplacement du signal annoncé*
PHASE 3 évaluer en permanence la distance jusqu'au signal annoncé	*250 m en amont du signal v_{max} < 30 km/h, quel que soit l'aspect du signal*
PHASE 4 continuer de ralentir	**tant que le signal n'est pas identifié comme « s'adressant au convoi » ou s'il impose l'arrêt* **si le signal autorise le passage : décélérer v_{max} < 30 km/h puis continuer sa route v_{max} < 40 km/h*

Pour l'analyse voir chapitre 3.2.3.1

- ***Avis 3M janvier 1978***[28]

Un ancien avis de 1978, qui n'est plus d'application actuellement, mentionne :
« il est possible que l'on rencontre un triangle de vitesse en aval d'un signal, (…)
l'indication de vitesse d'un tel triangle n'a aucun sens si ce triangle indique une vitesse contraire à la mission reçue en amont ».

Cette règle entraîne, selon le gestionnaire d'infrastructure et l'entreprise ferroviaire, des ralentissements inutiles sur le réseau. Cette règle a été abrogée pour cette raison.

La réglementation interne concernant le départ d'un train[29] [30] [31]

Un train peut se « déplacer » jusqu'au signal ou repère de départ: le déplacement d'un train est la *« mise en mouvement autorisée en vue de s'approcher avec prudence du signal ou du repère de départ lorsque ce dernier est fermé ou considéré comme tel ».*

Un « déplacement » est toujours exécuté en petit mouvement. *Le petit mouvement s'effectue toujours en marche à vue. La marche à vue s'effectue à une vitesse telle que l'agent responsable puisse provoquer sûrement l'arrêt devant un obstacle prévisible, sur l'étendue de la voie qu'il aperçoit distinctement libre devant lui. Dans tous les cas, la vitesse maximale est limitée à 40 km/h.*

28 *Livret HLT – 2 VIII page 14, janvier 1978, voir annexe 7.*
29 *RSEIF 4.1 § 9.1.4*
30 *RSEIF 1.1 § 2.7*
31 *RSEIF 1.1 § 2.6*

3.4. FONCTIONNEMENT DU MATÉRIEL ROULANT ET DES INSTALLATIONS TECHNIQUES

Entre la voie de départ 7 en gare de Louvain jusqu'au lieu de l'accident, le train IC 3636 circule sur un certain nombre d'aiguillages et le conducteur de train obtient des instructions via 2 signaux lumineux. On examine le fonctionnement des aiguillages pertinents, à savoir les aiguillages sur lesquels le déraillement a lieu, et des signaux lumineux pertinents, à savoir les signaux H-K.9 et EZ-H.9.

L'enquête technique à Louvain comprend notamment l'inspection des chaînes de signaux, la simulation du fonctionnement des signaux, l'inspection des aiguillages et la simulation du fonctionnement des aiguillages. Les constatations sont systématiquement comparées aux enregistrements dans les livres de bord LARA et EBP, et aux enregistrements de parcours du train.

3.4.1. SYSTÈME DE SIGNALISATION ET DE CONTRÔLE-COMMANDE, Y COMPRIS LES ENREGISTREMENTS DES ENREGISTREURS AUTOMATIQUES DE DONNÉES

Signal H-K.9
Les fiches techniques et fiches d'entretien du signal sont demandées. Le signal est entretenu selon les prescriptions internes et il n'est fait aucune mention de problèmes éventuels.

Après l'accident, à l'aide d'un logiciel de simulation, les aspects possibles du signal H-K.9 sont simulés. Le fonctionnement du signal est normal et lorsqu'un dérangement des lampes du signal ou du chevron blanc « V » est simulé, le signal passe automatiquement sur rouge. Le contrôle du livre de bord LARA confirme que le signal H-K.9 au départ présente un aspect VJH avec un chevron blanc « V » sur l'écran complémentaire supérieur.

Les constatations confirment les enregistrements à bord du train et confirment le bon fonctionnement du signal H-K.9.

Lors de la simulation du fonctionnement du signal H-K.9, les lampes du signal proprement dit et des écrans complémentaires supérieur et inférieur au bout du quai 7 sont bien visibles pour les personnes sur le quai. La visibilité pour le conducteur de train est traitée au chapitre 3.6.

Signal EZ-H.9
Les fiches techniques et fiches d'entretien du signal sont demandées. Le signal est entretenu selon les prescriptions internes et il n'est fait aucune mention de problèmes éventuels.

Après l'accident, à l'aide d'un logiciel de simulation, les aspects possibles du signal EZ-H.9 sont simulés. Le fonctionnement du signal est normal et lorsqu'un dérangement des lampes du signal, du chevron blanc « V » ou du chiffre « 4 » blanc est simulé, le signal passe immédiatement sur rouge. Le contrôle du livre de bord LARA confirme que le signal présente un aspect Vert avec, sur l'écran complémentaire supérieur, un chevron blanc « V » et, sur l'écran complémentaire inférieur, un « 4 » blanc.

Les constatations confirment les enregistrements à bord du train et confirment le bon fonctionnement du signal EZ-H.9.

Lors de la simulation du fonctionnement du signal EZ-H.9, les lampes du signal proprement dit et des écrans complémentaires supérieur et inférieur à droite de la voie sont bien visibles pour les personnes dans la voie. La visibilité pour le conducteur de train est abordée au chapitre 3.6.

Livre de bord LARA

Dans la zone de Louvain, les signaux et aiguillages sont desservis par le Bloc 9 à Louvain, équipés de la technologie EBP/PLP. Cette technologie enregistre de nombreuses données, dont la commande de signaux et d'appareils de voie.

Les images EBP disponibles et le livre de bord LARA du jour de l'accident sont demandés et analysés. Le 18/02, de nombreux trains sont partis de la voie 7 et de la voie 1 et de nombreux trains ont circulé sur les aiguillages 09BH/09AH sans que des problèmes aient été enregistrés ou signalés dans la zone située entre la voie de départ (voie 1 ou 7) et les aiguillages 09BH/09AH où le déraillement a lieu.

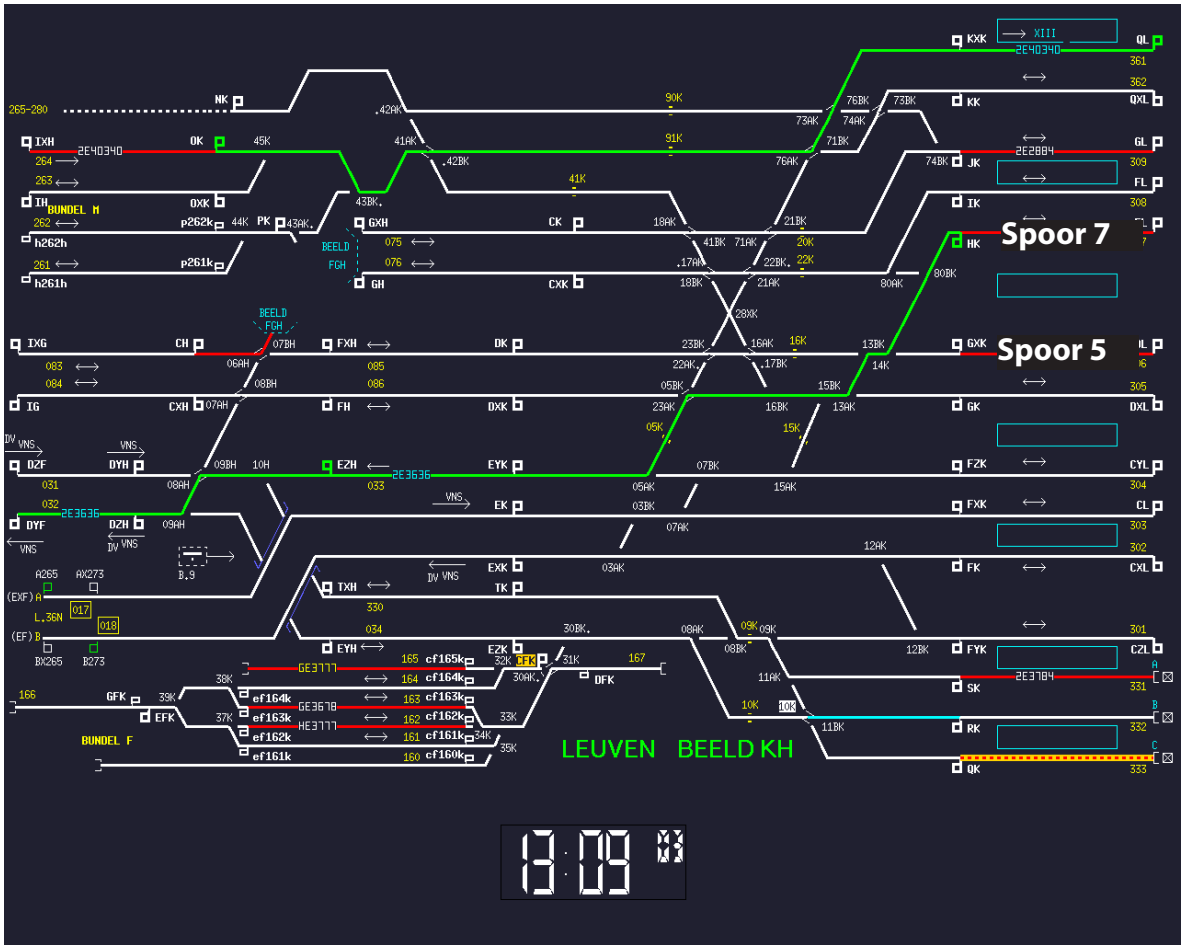
Les données enregistrées permettent également de confirmer les enregistrements de parcours du train ou de fournir des informations importantes permettant de mieux comprendre les événements.

Le 18/02/2017, le livre de bord LARA enregistre les événements suivants (données non enregistrées en italique) :

Heure	Localisation	Constatations	Evénement
11h08:33	signal H-K.9	double Jaune + chevron	ouverture préprogrammée du signal
11h08:48	signal H-K.9	Vert-Jaune-Horizontal + chevron	basculement automatique 2J→VJH
11h08:49	IOT	IOT 1 lumière rouge	commande de l'IOT par le chef de bord
11h08:58	IOT	IOT 6 lumières blanches	transition automatique après 9 s
11h09	*voie 7*		*heure de départ officielle de l'IC 3634*
11h09:56	signal H-K.9	Rouge	passage de l'IC 3634, fermeture du signal H-K.9
12h07	*voie 1*	*conducteur arrive à Louvain*	*embarquement du conducteur à la voie 7*
12h11	*voie 7*		*relève de l'IC 3636 par le conducteur*
12h - 13h	*voie 7*		*pause*
13h08:33	signal H-K.9	double Jaune + chevron	ouverture préprogrammée du signal
13h08:49	signal EZ-H.9	double Jaune + chevron + 4	ouverture programmée du signal
13h08:49	signal H-K.9	Vert-Jaune-Horizontal + chevron	basculement automatique 2J→VJH
13h09	*voie 7*		*heure de départ officielle de l'**IC 3636***
13h09:19	IOT	IOT 1 lumière rouge	commande de l'IOT par le chef de bord
13h09:28	IOT	IOT 6 lumières blanches	transition automatique après 9 s
13h10:12	signal H-K.9	Rouge	passage de l'**IC 3636**, fermeture du signal H-K.9
13h10:21	signal EZ-H.9	Vert + chevron + 4	basculement automatique 2J→V
13h11:36	signal EZ-H.9	Rouge	fermeture automatique du signal
13h11:53		1re enregistrement « dérangement »	déraillement de l'**IC 3636**

Livre de bord EBP

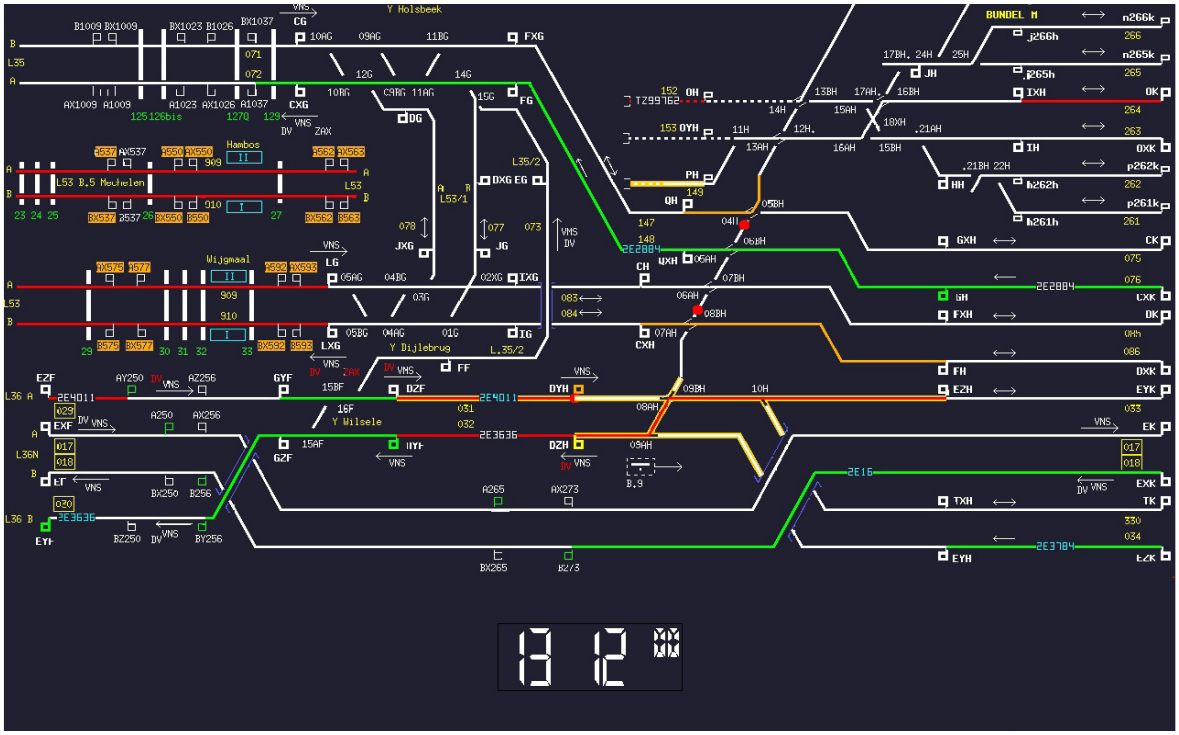
L'image EBP ci-dessous de 13h09:03 montre que l'itinéraire du train IC 3636 a été enclenché, au départ de la voie 7, avec un signal H-K.9 ouvert (drapeau vert[32]) au bout du quai.
L'itinéraire passe de la voie 7 sur des aiguillages à la contrevoie « 033 ». Le signal EZ-H.9 est ouvert (drapeau vert). L'itinéraire repasse ensuite de la contrevoie « 033 » sur la jonction des aiguillages 09BH – 09AH à la voie normale « 032 » jusqu'au signal DY-F.9, qui est fermé (drapeau blanc). Tous les aiguillages ont été enclenchés dans la bonne position.



Plus tôt ce jour-là, les trains E3628 (05h16:36), E3632 (09h09:46) et E3634 (11h09:55) sont partis de la voie 7. Le signal de départ H-K.9 de la voie 7 présentait chaque fois un aspect VJH avec chevron « V » et le signal EZ-H.9 présentait chaque fois un aspect V avec chevron « V » et chiffre « 4 » blanc. Lors de ces parcours, aucun problème n'a été signalé ou enregistré.

L'image EBP de 13h12 (ci-dessous) montre que le train E3636 occupe la section en aval de l'aiguillage 09AH (ligne rouge). Autour de cet aiguillage et de la voie attenante, des sécurisations ont été placées par EBP (ligne jaune-blanc). À gauche de l'image, le train IC E4011 Braine-l'Alleud – Louvain approche. L'itinéraire d'E4011 a été aménagé en direction de Y-Wilsele : le signal AY250 non desservi au bout de la gare de Herent est ouvert (drapeau vert), le signal GY-F.9 est fermé (drapeau blanc) et le signal DY-H.9 n'a aucun contrôle sur la position fermée (drapeau orange).
Le train E4011 occupe la section de la gare de Herent, voie A sur la L.36. Le train a un arrêt prévu en gare de Herent (arrivée à 13h13, départ à 13h14).

32 *Le drapeau vert indique un signal « ouvert » ; il peut notamment s'agir d'un aspect Vert, double Jaune ou Vert-Jaune Horizontal.*



Selon les données ARTWEB, le passage du train E4011 à Y.Wilsele est prévu à 13h15.
Selon les données ARTWEB, le passage du train IC 3636 au signal DY-F.9 est prévu à 13 h 11 et le passage à Y.Wilsele à 13h12:00.

Traffic Management System

Pour chaque mouvement de train, un horaire est établi selon l'itinéraire le plus adapté. Cet horaire est préétabli, préprogrammé et proposé quotidiennement aux postes de signalisation. Le jour même, un gestionnaire de trafic suit dans le poste de signalisation la circulation en temps réel sur un écran EBP. Il est attendu d'un gestionnaire de trafic qu'il prenne des mesures à temps pour éviter des ralentissements.

Un éventuel conflit est automatiquement détecté par le Système et indiqué si deux trains viennent à circuler au même moment dans la même section ou sur le même itinéraire en l'absence d'action entreprise au poste de signalisation. Dans ces circonstances, il peut arriver que l'un des trains doive être arrêté à un signal, ceci afin de donner priorité à un autre train. Une telle situation crée un « conflit », avec des ralentissements pour conséquence.

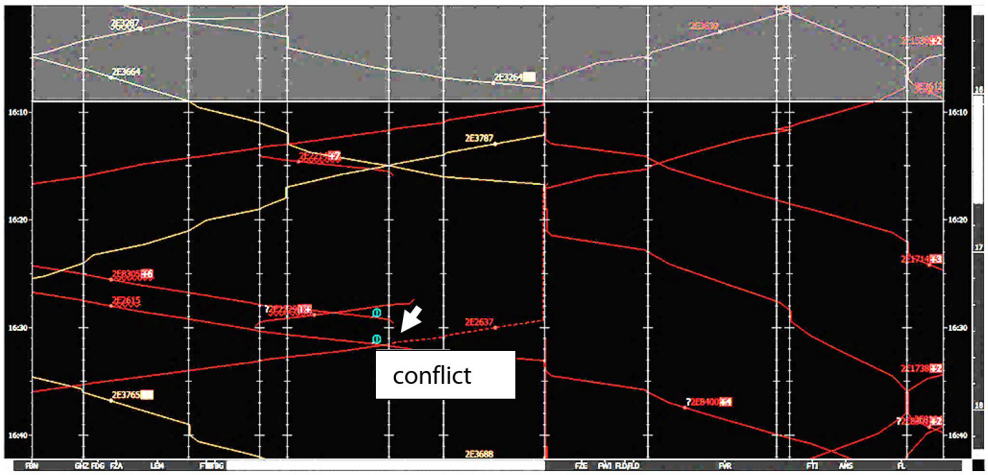
Un gestionnaire de trafic peut identifier un éventuel conflit au moyen du cercle bleu à l'écran. Lorsqu'un éventuel « conflit » apparaît, un gestionnaire de trafic peut intervenir en temps réel et adapter un itinéraire en fonction des besoins. Un « conflit » ne signifie pas que le croisement d'itinéraires peut entraîner une collision : le système EBP régule de manière totalement automatique la circulation et garantit sans interruption la sécurité du trafic.

À Louvain, l'itinéraire préprogrammé du train IC 3636 passe sur la jonction des aiguillages 15BF – 15AF. Le gestionnaire de trafic se laisse guider par une perspective sur la circulation, les éventuels conflits pour cause de ralentissements, des itinéraires qui se croisent, des trains supplémentaires, des travaux sur la voie… Au besoin, un opérateur peut modifier cet itinéraire, par exemple en faisant dévier le train sur la jonction des aiguillages 09BH – 09AH. L'itinéraire préprogrammé sur la jonction des aiguillages 15BF – 15AF constitue par conséquent la règle et la déviation sur la jonction des aiguillages 09BH – 09AH l'exception.

L'horaire du train IC 4011 prévoit un passage sur la voie A à Y.Wilsele à 13h16, mais a 1 minute d'avance. L'horaire du train IC 3636 prévoit le passage sur la voie A à Y.Wilsele à 13h11.

Il en résulte un conflit en ce sens que – sauf intervention d'un gestionnaire de trafic – l'un des trains pourrait être arrêté à un signal.

D'où l'affichage sur l'écran TMS[33] (voir exemple ci-après) d'un gestionnaire de trafic à Louvain d'un avertissement en temps réel qui s'attend à un croisement des itinéraires des trains IC 4011 et IC 3636, avec possibilité de « conflit » (retard de la circulation des trains). L'éventuel « conflit » est représenté par un cercle bleu 10 à 20 minutes à l'avance sur l'écran TMS du gestionnaire de trafic.



Comme il est attendu de sa part, le gestionnaire de trafic intervient afin d'éviter des ralentissements : il décide de ne pas faire circuler le train IC 3636 jusqu'à la jonction des aiguillages 15BF – 15AF, mais de le rediriger au plus vite à voie normale via la jonction des aiguillages 09BH – 09AH. Dans ce cas spécifique, l'intervention de l'opérateur répond aux attentes.

3.4.2. INFRASTRUCTURE

Aiguillage 09BH

La position (à gauche) de l'aiguillage, telle que constatée après l'accident, correspond à la position dans laquelle il devait être parcouru conformément à l'itinéraire enclenché. La position de l'aiguillage a été verrouillée. Le contrôle du livre de bord LARA confirme la bonne position et le verrouillage de l'aiguillage.

Des dégâts sont constatés au niveau des tire-fonds +/- 50 cm avant la pointe de cœur et sur l'aile de la pointe de cœur. Ces dégâts sont des dommages indirects. Le fonctionnement du moteur d'aiguille et du moteur d'aiguillage est contrôlé et le bon fonctionnement du moteur d'aiguillage est constaté. Le verrouillage fonctionne également normalement.

Cet aiguillage a été utilisé à plusieurs reprises plus tôt ce jour-là et aucun problème n'a été enregistré ou signalé. Toutes les données disponibles confirment le bon fonctionnement de l'aiguillage 09BH.

Aiguillage 09AH

La position (à gauche) de l'aiguillage, telle que constatée après l'accident, correspond à la position dans laquelle il devait être parcouru conformément à l'itinéraire enclenché. La position de l'aiguillage a été verrouillée. Le contrôle du livre de bord LARA confirme la bonne position et le verrouillage de l'aiguillage.
L'état de l'aiguillage est contrôlé. Plusieurs impacts sont visibles au niveau des roues et les deux lames d'aiguillage ont été déformées. Les dégâts constatés au niveau de l'aiguillage sont clairement dus au déraillement du premier essieu de la première voiture du train.

Le fonctionnement du moteur d'aiguille et du moteur d'aiguillage est contrôlé et le bon fonctionnement du moteur d'aiguille est constaté. En raison des dégâts occasionnés à l'aiguillage, le verrouillage manuel ne peut plus être rompu.

Cet aiguillage a été utilisé à plusieurs reprises plus tôt ce jour-là et aucun problème n'a été enregistré ou signalé. Toutes les données disponibles confirment le bon fonctionnement de l'aiguillage 09AH.

33 *TMS: Traffic Management System, système commandé par ordinateur.*

Les voies
La voie située entre le signal EZ-H.9 et l'aiguillage 09BH fait l'objet d'une inspection visuelle après l'accident. Aucun élément anormal n'est constaté.

La voie est également mesurée dans cette zone au moyen d'une station totale et d'un chariot (Amberg GRP5000) sur la voie. L'environnement a été analysé. Il s'agit de mesures absolues établissant des points de référence, dont les coordonnées sont établies au moyen de mesures GPS. Toutes les données disponibles confirment que la voie située dans la zone examinée répond aux exigences d'exploitation.

Dans la zone située en aval de la jonction des aiguillages 09BH – 09AH, les voies A et B de la L.36 ont été endommagées.
Les dégâts constatés sont clairement dus au déraillement (dommages indirects).

Constatation 10
L'examen technique réalisé après l'accident permet de confirmer que l'infrastructure et la signalisation fonctionnaient tout à fait normalement. Cette constatation est confirmée par l'enregistrement dans les livres de bord EBP et LARA côté infrastructure et par les enregistrements de parcours du train.

3.4.3. EQUIPEMENTS DE COMMUNICATIONS

Il ressort des enregistrements de conversations Etrali[34] du 18/02 que le conducteur de train n'a émis aucune alarme via GSM-R et que les services de secours ont été avertis par les voyageurs du train accidenté.

Lorsque les services de secours contactent Traffic Control et demandent confirmation d'un déraillement, il existe chez Traffic Control uniquement la présomption qu'il s'est passé « quelque chose ». La confirmation suit très rapidement après les premiers contacts avec les services de secours.

L'enquête technique a révélé que l'installation GSM-R à bord du train a été endommagée lors du déraillement. Ceci explique pourquoi aucune alarme via GSM-R n'a pu être émise. Cette perturbation de communication technique n'a eu aucune incidence sur la suite de l'événement.

3.4.4. MATÉRIEL ROULANT, Y COMPRIS LES ENREGISTREMENTS DES ENREGISTREURS AUTOMATIQUES DE DONNÉES

Lors du déraillement, la 1re voiture du train chute sur le flanc à côté de la voie, nez pivoté à 180° en direction de Louvain. Les premiers bogies des 2e et 3e voitures déraillent également et l'attelage entre les voitures 1 et 2 est rompu.

Les bogies de la 1re voiture sont endommagés et le 1er essieu chute dans la voie attenante. La 2e voiture roule sur cet essieu. L'essieu, les traverses et le châssis du 2e véhicule sont ainsi endommagés. Un 2e essieu est retrouvé à côté des voies, un 3e se trouve en bas, au pied du talus de la voie ferrée.

Inspections et mesures

Le matériel roulant est inspecté sur place les 18 et 19/02, et les dommages visibles occasionnés au matériel roulant sont constatés.

L'état de la cabine de conduite est constaté et la position des leviers de traction et de frein dans la cabine de conduite sont constatés et abordés. La position des boutons de commande permet de déduire qu'aucun freinage d'urgence n'a été commandé par le conducteur de train. Le levier de frein est en position neutre et le levier de traction en position 3. Ces éléments ne permettent pas de confirmer si un freinage de service a été actionné.
On ne trouve aucune indication immédiate permettant de mettre en doute le bon fonctionnement du matériel roulant, mais il est décidé en concertation avec toutes les parties d'évacuer vers l'atelier de traction de Malines la rame automotrice en vue d'un examen technique plus détaillé.

Les résultats de mesure des roues d'un essieu de la 1re voiture dérogent des valeurs de la dernière inspection et ne répondent plus intégralement aux spécifications techniques. L'essieu est identifié comme l'essieu s'étant détaché lors du renversement de la 1re voiture et ayant atterri sous la 2e voiture. Les dégâts occasionnés à cet essieu doivent par conséquent être qualifiés de dommages indirects.

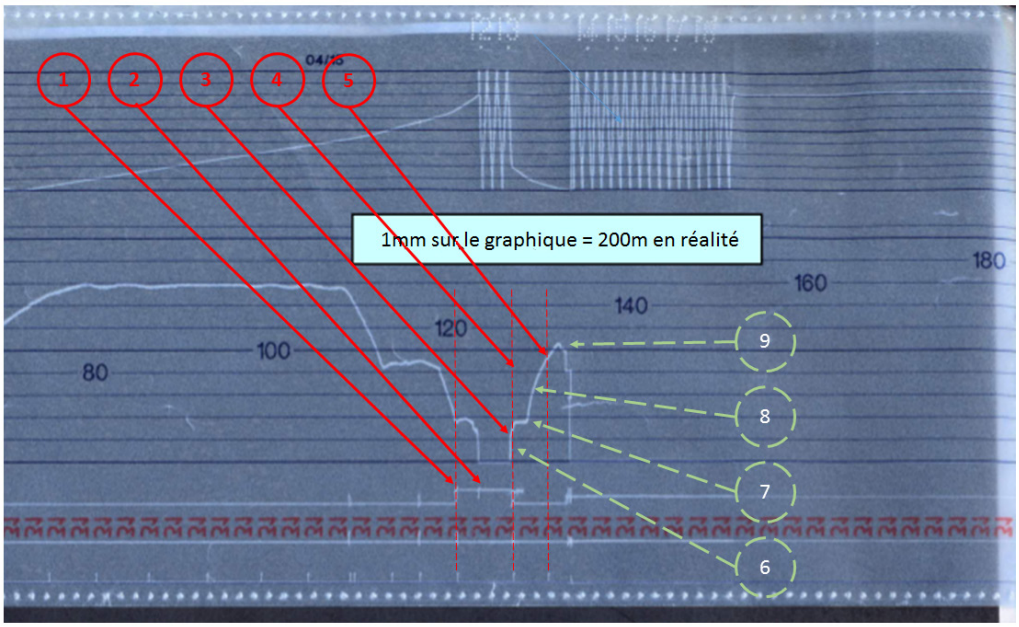
Les autres roues sont contrôlées et les résultats de mesure correspondent aux mesures du dernier contrôle du 14/02/2017. Tous les résultats de mesure se situent dans les normes.
Le fonctionnement des organes de freinage du train sont également contrôlés. Aucune dérogation immédiate n'a été constatée, mais à la suite des dégâts occasionnés au train, les tests de freins ne sont pas intégralement exécutés. C'est pourquoi le panneau de freinage et les distributeurs des 2e et 3e voitures sont démontés et testés sur les bancs d'essai de l'atelier de traction de Malines. Il n'est constaté aucun problème et l'on ne trouve aucune indication de dysfonctionnement éventuel du système de freinage.

34 *Conversations menées via des appareils spéciaux et permettant la communication rapide et sûre entre signaleurs, conducteurs de train, chefs de chantier... Ces conversations sont enregistrées.*

L'équipement TBL1++ dans la cabine de conduite est démantelé et testé pour contrôler le fonctionnement des différentes lampes. Le fonctionnement de la lampe de mémorisation jaune TBL1++ LGLJM est également testé. Aucun problème n'est constaté.

Constatation 11
Les mesures et les tests permettent de conclure avec une quasi-certitude qu'au moment de l'accident, le matériel roulant satisfaisait aux exigences techniques et que le fonctionnement de l'installation de freinage et de l'équipement TBL1++ était normal.

Analyse de parcours du train IC 3636
Comme tout autre train, l'IC 3636 est équipé d'un système d'enregistrement de parcours et les données du jour de l'accident sont analysées. Les enregistrements de parcours du train IC 3636 sont demandées. Les enregistrements sur rouleau de papier fournissent des informations limitées, mais utiles, telles que visibles sur le graphiques ci-dessous :



1 l'IC 2232 approche la gare de Louvain et obtient un aspect 2J : le système TBL1++ met le train en mode CVR (Contrôle Vitesse Réduite). Une fois la vitesse du train en dessous des 40 km/h, le train ne peut plus accélérer au-delà de 40 km/h, sinon le système TBL1++ intervient et arrête le train par un freinage d'urgence.
2 l'IC 2232 s'arrête à la voie 7 en gare de Louvain : un conducteur de train coupe le train et exécute un changement de direction. Lorsque le train est redémarré depuis l'autre cabine de conduite, le système TBL1++ du train passe automatiquement en mode CVR.
3 + 6 le train IC 2232 devient le train IC 3636 et part en mode CVR.
4 + 6 l'IC 3636 franchit le signal H-K.9, qui présente un aspect VJH. Le conducteur de train acquitte l'aspect restrictif à temps. Le train passe du mode CVR au mode NCV (Non Contrôle Vitesse) : la lampe jaune TBL1++ LCVR s'éteint, la lampe bleue TBL1++ LNCV s'allume, la lampe de mémorisation jaune TBL1++ LGLJM reste allumée. La combinaison des 2 broches blanches et du passage au mode NCV signifie que le signal H-K.9 présentait l'aspect VJH.

Photo lors de l'inspection du poste de conduite.

Remarque :
Le train part en gare d'origine de Louvain en mode CVR et franchit le signal H-K.9 :

- en cas d'aspect V, 1 broche sur la ligne inférieure du graphique des enregistrements de parcours s'allumerait et le train passerait automatiquement du mode CVR au mode NCV. La lampe jaune LCVR s'éteindrait et la lampe bleue LNCV s'allumerait. La lampe de mémorisation TBL1++ LGLJM s'éteindrait.
- en cas d'aspect 2J, 3 broches les unes en dessous des autres du graphique des enregistrements de parcours s'allumeraient : le train continuerait à circuler en mode CVR et la lampe jaune LCVR resterait allumée. La lampe de mémorisation jaune LGLJM resterait aussi allumée.

Lors du passage au signal H-K.9, le train circule à une vitesse d'environ 20 km/h et la courbe de vitesse présente un point d'inflexion : l'accélération est tempérée, mais reste maintenue jusqu'à ce que la vitesse du train avoisine les 36 km/h.

7 l'IC 3636 circule à une vitesse constante de 36 km/h sur les aiguillages qui le guident de la voie 7 à la contrevoie A de la L.36.
8 après le passage sur les aiguillages, le train accélère sans interruption sur une distance de 714 m.
5 au pied du signal EZ-H.9, la vitesse du train s'élève à 93 km/h. Le signal EZ-H.9 présente un aspect V (1 broche blanche). L'aspect des écrans complémentaires supérieur et inférieur n'est pas enregistré.
8 le train accélère encore après le passage au signal EZ-H.9.
9 la vitesse du train atteint un pic à 106 km/h, 324 m en aval du signal EZ-H.9.
Le système d'enregistrement du train n'enregistre aucune commande de freinage ou de traction. Le système d'enregistrement ne permet par conséquent pas de déterminer où exactement l'accélération 8 est actionnée, où la vitesse atteint un pic 9 et si un freinage est actionné. Une estimation prudente permet uniquement de confirmer que le train commence à accélérer lorsque la dernière voiture circule à +/- 200 m en aval du panneau de fin de zone « 9 » et commence à ralentir à +/- 100 m en amont du virage en S dans lequel le déraillement commence. Le train déraille à une vitesse supérieure à 90 km/h.

Constatation 12
Il ressort de l'analyse des données de parcours que la vitesse de l'IC 3636 (> 90 km/h) était non adaptée pour un passage sur un virage en S formé par deux aiguillages consécutifs et pouvant être parcourus à maximum 40 km/h.

Remarque concernant TBL1++ et ETCS L1 :
Un train équipé de TBL1++ est démarré en mode CVR (Contrôle Vitesse Réduite). Ce train doit partir en petit mouvement et ne peut pas circuler à plus de 40 km/h après le départ. Dès l'instant où le mode CVR reste enclenché, l'équipement TBL1++ arrêtera le train par un freinage d'urgence si la vitesse vient à dépasser les 40 km/h. Cette condition est maintenue jusqu'à ce que le train obtienne une nouvelle information d'une Eurobalise dans la voie.
Lors du passage au signal H-K.9, le train obtient une nouvelle information via une Eurobalise. Comme le signal H-K.9 présente un aspect VJH, cette information entraîne le passage du mode CVR au mode NCV (Non Contrôle Vitesse). S'appuyant sur le mode NCV, l'équipement TBL1++ n'exerce plus de contrôle sur la vitesse du train. En d'autres termes, si un conducteur de train vient à relever la vitesse de son train au-delà de 40 km/h, l'équipement TBL1++ ne va pas intervenir.

Remarque concernant CVR
Si le signal H-K.9 venait à présenter un aspect 2J, le mode CVR resterait enclenché et l'équipement TBL1++ du train interviendrait dès l'instant où la vitesse du train est relevée au-delà de 40 km/h.

Remarque concernant ETCS
Un train équipé d'ETCS de niveau 1 et lors du départ de mission en ETCS circule en SR (Staff Responsability) et ne peut pas après le départ circuler à plus de 30 km/h, sinon l'équipement ETCS arrête le train par un freinage d'urgence. Un train équipé d'ETCS de niveau 1 et lors du départ de mission en STM (Specific Transmission Module) : TBL1++ ne passera pas à l'Eurobalise suivante (signal H-K.9) en ETCS, mais restera en STM TBL1++ parce que l'Eurobalise au signal H-K.9 ne commande pas de transition de niveau.

3.4.5. CONSTATATIONS SUR LE SITE DE L'ACCIDENT

Au moyen de l'examen des voies au lieu de l'accident, les constatations suivantes sont faites.

La première voiture du train déraille dans le deuxième aiguillage, c'est-à-dire en entrant dans la 2e partie du virage en S. Les roues de gauche du 1er bogie de la 1re voiture déraillent vers l'extérieur du virage et roulent à partir de la pointe de cœur du 2e aiguillage 09AH sur le rail gauche (photo 1 au milieu). Il apparaît soudainement sur la tête de ce rail (talon de l'aiguillage) une fine empreinte linéaire, typique d'un boudin de roue roulant sur un rail (photo 1 à droite, gros plan sur la partie entourée de la photo 1 au milieu). L'empreinte fait environ 2 m de long. Sur le côté latéral du rail, aucune trace de montée n'est visible : en d'autres termes, la roue du 1er bogie est poussée par un choc sur la tête du rail. Ce choc est la conséquence du passage de la voiture à une vitesse non adaptée dans un virage court.

Quelques mètres en aval du lieu où les roues de gauche du premier essieu sont poussées sur la tête du rail, les roues de droite du premier bogie chutent dans la voie et il apparaît du côté droit de la lame droite de l'aiguillage des impacts sur les fixations (voir photo 1 à gauche).

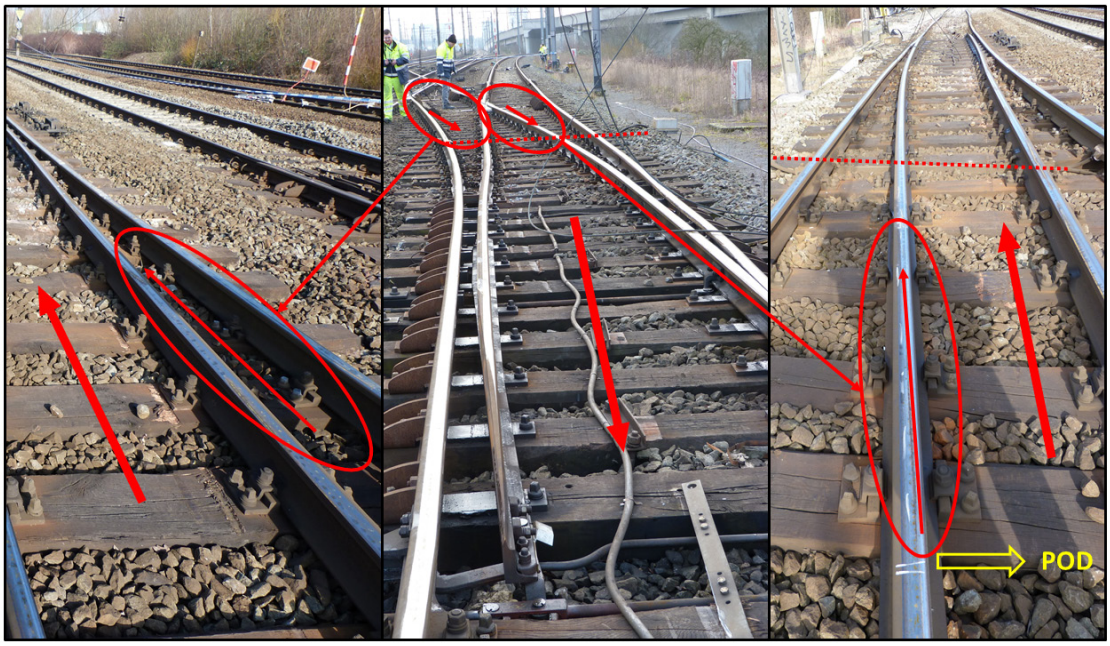


Photo 1 : POD et déraillement premier bogie.

Après que la roue a roulé environ 2 m sur la tête du rail (talon de l'aiguillage) (photo 1 à droite), la roue chute vers la gauche dans la voie et roule entre le talon de gauche – et ensuite la lame gauche de l'aiguillage – et la contre-aiguille. La roue endommage les fixations. Du côté droit, les empreintes sont visibles entre la voie et la lame droite (photo 2 à droite, ligne rouge).

Comme la distance entre la lame de l'aiguillage et la contre-aiguille rétrécit, la roue gauche au bout du deuxième aiguillage est poussée vers le haut, sur la contre-aiguille. La deuxième roue gauche du premier bogie suit le mouvement de la première roue (gros plan de la photo 2).

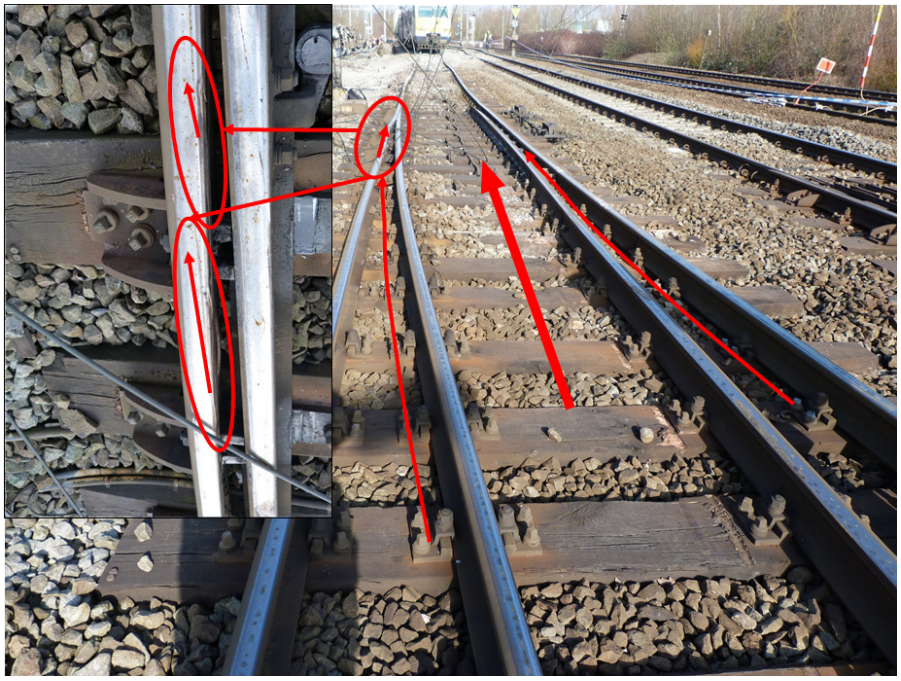


Photo 2 : le premier bogie traverse la contre-aiguille.

Au bout du moteur d'aiguille de l'aiguillage 09AH, le premier essieu chute à gauche à côté de la voie. Le premier essieu s'écarte progressivement de la voie (photo 3, lignes rouges).

Lorsque le premier essieu déraille complètement, l'essieu arrière de la première voiture déraille également. Ce déraillement a lieu sur la pointe de cœur du deuxième aiguillage (voir étoile jaune sur la représentation schématique phase 1 ci-après).

Ce deuxième essieu déraille également vers l'extérieur du virage formé par l'aiguillage. Le deuxième essieu roule avec les roues gauche sur la lame gauche de l'aiguillage et sur la contre-aiguille (photo 3, les lignes jaunes) et les roues droite du deuxième essieu chutent dans la voie.

Photo 3 : déraillement du premier et dernier bogie.

Le premier bogie quitte complètement la voie et dévie vers la gauche, en direction de poteau de caténaire (dessiné en jaune sur la photo 3).

Le deuxième bogie roule encore quelque temps dans cette position sans s'écarter de la voie parce que l'attelage entre la première et la deuxième voiture persiste.

Constatation 13
La voiture à la tête du mouvement est poussée du premier aiguillage par un choc.

Il ressort de l'analyse des données de parcours et de l'examen des voies que la vitesse du train IC 3636 (> 90 km/h) est non adaptée pour un passage sur un virage en S formé par deux aiguillages consécutifs et pouvant être parcourus à maximum 40 km/h. Le choc qui pousse des voies la voiture à la tête est dû à la vitesse du train non adaptée.

3.5. DOCUMENTATION SUR LE SYSTÈME OPÉRATOIRE

3.5.1. ECHANGE DE MESSAGES ORAUX EN RAPPORT AVEC L'ACCIDENT, Y COMPRIS LA DOCUMENTATION VENANT DES ENREGISTREMENTS

Lors du déraillement, les salles de contrôle de Traffic Control et de Bloc 9 constatent différents problèmes (coupure de l'alimentation, dérangement de l'aiguillage…). Ces informations sont disponibles quasi immédiatement, mais les régulateurs ne peuvent pas voir à distance ce qui s'est passé ni savoir si la situation sur place est grave.

Pour des détails, les régulateurs de ligne dépendent du personnel de train ou d'autres personnes qui seraient familiarisées avec l'organisation du gestionnaire d'infrastructure et qui les contacteraient immédiatement. À la suite du renversement de sa voiture, le conducteur de train est dans l'impossibilité d'émettre immédiatement un appel d'urgence et d'autres personnes qui seraient familiarisées avec l'organisation du gestionnaire d'infrastructure ne sont pas présentes.

Tout de suite après l'accident, CS100 est averti par les voyageurs de train du signalement d'un déraillement. CS100 vérifie immédiatement cette information auprès de Traffic Control. L'appel entrant de CS100 à 13h14 est par conséquent le moment auquel le gestionnaire d'infrastructure prend connaissances du déraillement d'« un train ». L'information est immédiatement vérifiée et à 13h16, une alerte via GSM-R est émise. Traffic Control active le plan interne d'urgence et d'intervention (PIUI). Traffic Control avertit le Security Operation Center, lequel avertit la Police des Chemins de fer et envoie des agents Securail sur place.

3.5.2. MESURES PRISES POUR PROTÉGER ET MAINTENIR LE LIEU DE L'ACCIDENT

Sécurisation du site

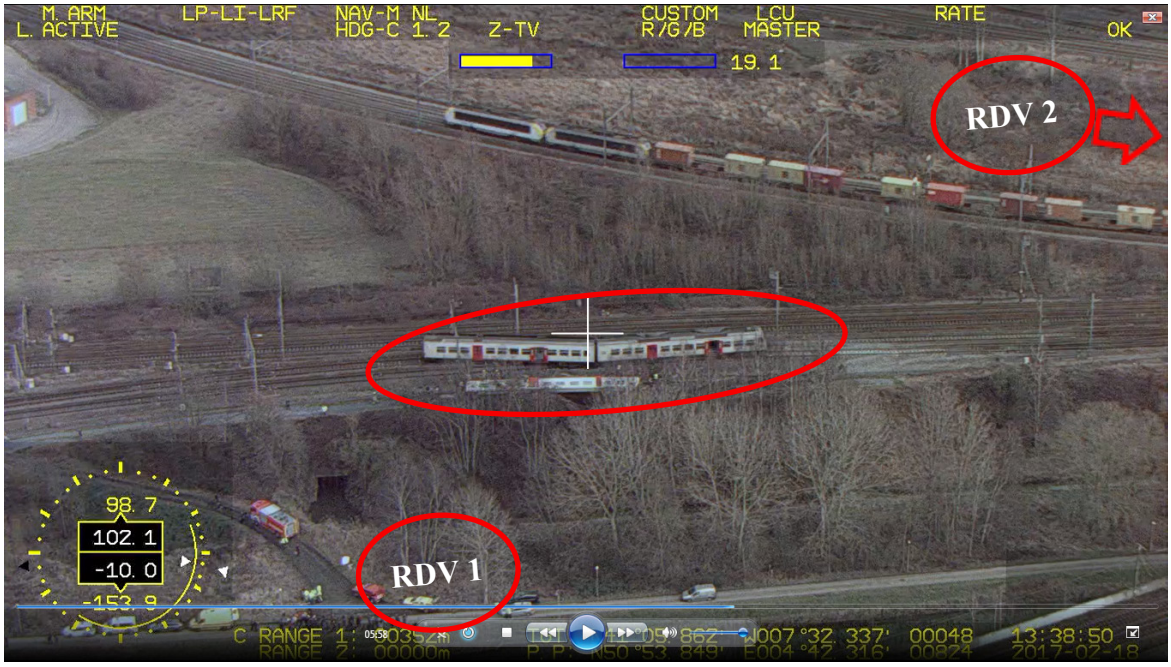
Les services incendie sont les premiers sur place et un officier agit en tant que Chef des Opérations (CDO). Sur le terrain, il suit des procédures strictes pour garantir la sécurité des équipes de secours et des voyageurs : il vérifie si toute la circulation des trains a été interrompue et si la caténaire a été mise hors tension.
L'évacuation des voyageurs commence immédiatement, avant même l'arrivée du Leader Infrabel.
Le Leader Infrabel arrive sur le lieu de l'accident (voir photo RDV-1) à 13h33 et obtient à 13h38 autorisation du chef de service du Bloc 9 d'accéder aux voies sur le lieu de l'accident.
Le CDO organise – à un moment situé entre 13h30 et 13h45 – une concertation mutuelle impliquant différentes disciplines D1-D2-D3 et le gestionnaire d'infrastructure Leader Infrabel. La confirmation que la circulation a été interrompue « sur place » et que les caténaires sont hors tension est constatée et communiquée par le Leader Infrabel dans une procédure écrite.

Sur le terrain, de nombreux acteurs continuent à présumer que toute la circulation des trains a été interrompue. Certains acteurs arrivent sur place via la Dijledreef, certains via un point RDV-2 (voir photo) accessible par une piste de service avec passage pour le personnel du gestionnaire d'infrastructure. À 13h36, le train E47885 obtient un signal ouvert en gare de Louvain. Ce train circule via la L.35 voie A en direction d'Aarschot. À 13h38, l'hélicoptère de police filme le passage d'un train de marchandises (voir photo) au point RDV. En réalité, la L.35 et le point RDV (en dehors de l'image) se trouvent en dehors du périmètre de sécurité qui ne sera délimité que plus tard par la police au besoin de l'enquête judiciaire.

Le Leader Infrabel doit agir conformément au PIUI en tant que responsable des opérations ferroviaires :
Il s'assure que les mesures de protection contre des risques ferroviaires ont été prises ou il les fait prendre, afin d'éviter un accident supplémentaire, par exemple :

- *mesures de protection : blocage de la circulation des trains ;*
- *coupure de la tension et liaison de la caténaire avec le rail (mise à la terre) ;*
- *assurance des mesures de sécurité pour les intervenants.*

Le Leader Infrabel coordonne sur le plan opérationnel les actions des différents services des collaborateurs d'Infrabel et des EF actives sur le terrain, sous la supervision du CDO.
Le PIUI n'aborde pas la façon dont les mesures de sécurité (périmètre de sécurité, blocage de la circulation des trains…) doivent être communiquées à tous les autres acteurs. Le gestionnaire d'infrastructure part de la position que le *CDO assume la responsabilité finale d'une intervention sûre sur le lieu de l'incident et que tous les intervenants des services de secours s'assurent auprès du CDO de garantir une intervention sûre.*
Cinq heures après l'accident, la circulation sur les lignes 35 et 36N est complètement arrêtée parce que les travailleurs d'Infrabel doivent effectuer des travaux sur le site.



Constatation 14
Les canaux de communication entre d'une part le Chef des Opérations et le Leader Infrabel, et d'autre part entre le Chef des Opérations/Leader Infrabel et les différentes disciplines et les autres parties (enquêteurs, parquet…) sont trop vagues et peut conduire à des malentendus et à des situations dangereuses.

3.6. INTERFACE HOMME-MACHINE-OPÉRATION

La SNCB planifie les horaires de conducteurs de train, compte tenu de dispositions légales et complétés de règles internes. Il n'existe pas de dispositions légales séparées relatives à des temps de conduite et de repos pour les conducteurs de train, à l'exception de services transfrontaliers interopérables[35]. Les dispositions pour les temps de conduite et de repos des conducteurs de train relèvent de la Loi sur le travail du 16/03/1971 et de l'AR du 21/01/2004.

Des horaires composés de manière équilibrée devraient tenir compte de la fatigue accumulée durant l'exercice de leurs prestations et du rythme circadien. Ce sujet a déjà été traité dans les rapports de sécurité de Buizingen, Wetteren et Schaerbeek et a donné lieu à des recommandations de sécurité. Pour le suivi de ces recommandations, il est renvoyé au rapport annuel de l'Organisme d'Enquête.

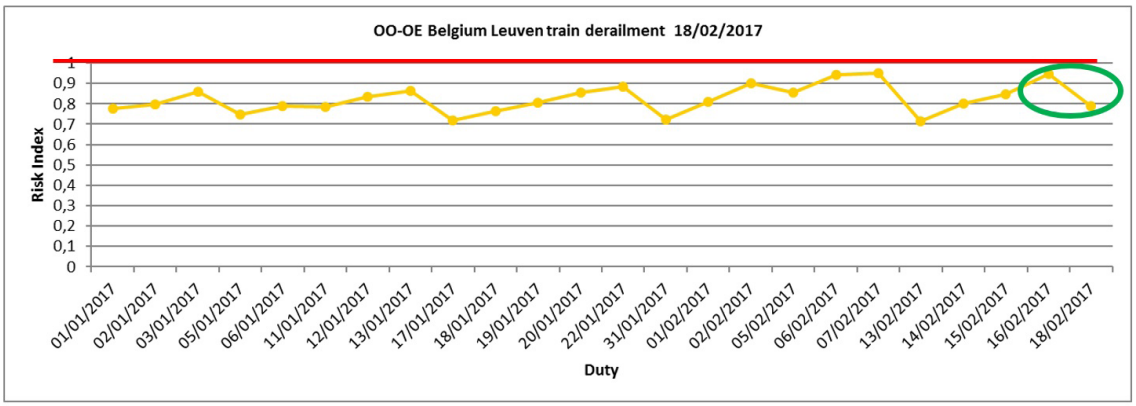
Dans le cadre de la présente enquête de sécurité également, l'attention nécessaire est consacrée à ce sujet.

3.6.1. HORAIRES DE TRAVAIL DU PERSONNEL IMPLIQUÉ

Fatigue et vigilance

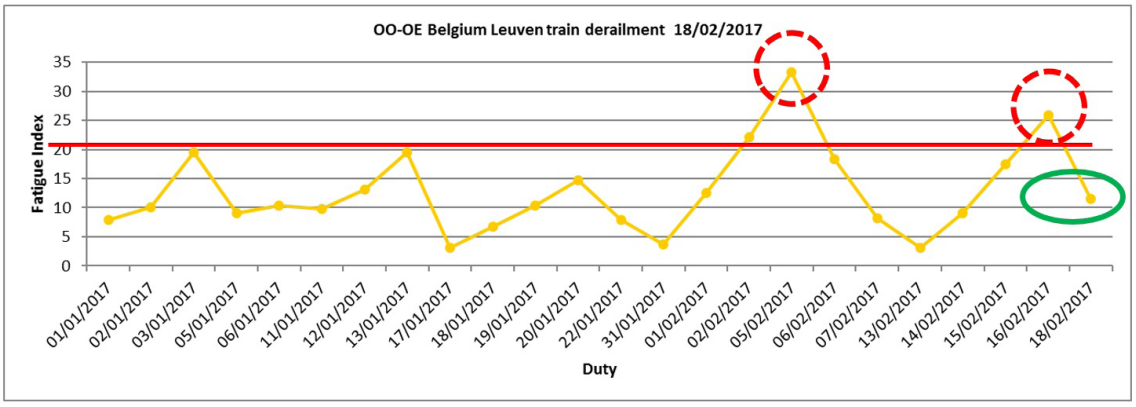
Le tableau de service du conducteur de train est soumis au Fatigue & Risk Index Calculator du HSE[36] afin d'évaluer le niveau de fatigue et le niveau de risque du conducteur de train. Le calcul couvre la période de 6 semaines qui précède l'accident.

Dans le cadre de la simulation, il est tenu compte de 2 pauses de repos d'env. 50 minutes le 18/02/2017.
Le graphique ci-dessous montre que l'**indice de risque de fatigue** (Risk Index) durant la période envisagée, incluant le jour de l'accident, se situe systématiquement en dessous du niveau de risque moyen 1. Un indice de risque 2 représenterait un dédoublement du risque d'incident par rapport au risque moyen, lié à une rotation des services. Un indice de risque de 1,0 est considéré comme une « bonne pratique ».



35 *Directive 2005/47 transposé en droit belge par l'AR du 7/11/2008.*
36 *Fatigue and Risk Index (FRI) v2.3, 2013: http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr446.htm.*

Le graphique suivant montre que l'**indice de fatigue** (Fatigue Index) le jour de l'accident se situe en dessous du niveau de fatigue moyen de 20,7. Le graphique ci-dessous montre que l'indice de fatigue durant la période envisagée les 2, 5 et 16 février dépasse le niveau de fatigue moyen de 20,7.



Entre le dernier pic (16 février) et le jour de l'accident (18 février), le conducteur de train a eu 1 jour de repos. Dans des interviews avec des conducteurs de train, ces derniers indiquent que 1 jour de repos après une lourde série ne suffit pas pour récupérer totalement. Ce point est développé plus en détail à la fin de ce chapitre.

Il ne peut toutefois pas être conclu de ce qui précède que la fatigue cumulée a eu une incidence sur la manière de conduire du conducteur de train au moment de l'accident. Le conducteur de train a non seulement eu un jour de repos la veille de l'accident, mais il a aussi bénéficié juste avant le départ à Louvain d'un long temps de repos et les simulations avec le calculateur FRI indiquent qu'un problème de vigilance limitée à la suite d'une fatigue (cumulée) (hypovigilance) est peu probable. En outre, la multitude d'actes posés par le conducteur de train lors de la phase de départ démontre bel et bien qu'il est actif : un microsommeil est exclu.

3.6.2. CONDITIONS PERSONNELLES ET MÉDICALES QUI ONT INFLUENCÉ LES ÉVÉNEMENTS, Y COMPRIS LA PRÉSENCE DE STRESS PHYSIQUE OU PSYCHOLOGIQUE

Distraction et conduite sous influence

L'analyse des conversations enregistrées entre le conducteur de train et TC confirment que le conducteur de train remplit à 12h59 les modalités de départ du train E3636 (saisie de données >10 min. avant le départ). Entre 12h59 et 13h12, aucune nouvelle conversation n'est menée au moyen du GSM-R, du GSM de travail ou du GSM personnel du conducteur de train.
L'enquête toxicologique confirme que le conducteur de train ne roule pas sous influence.
Aucun événement n'est constaté sur la voie ou dans la cabine de conduite, qui aurait pu détourner l'attention du conducteur de train.

Infractions

Au sens strict du terme, le conducteur de train commet une infraction (non-respect de la limitation de vitesse). On ne sait toutefois pas clairement quels avantages le conducteur de train pense pouvoir tirer des actes qu'il pose ou ne pose pas. L'Organisme d'Enquête part du principe que les actes (ou la non-exécution d'actes) du conducteur de train sont non intentionnels et ne doivent pas être qualifiés d'infraction. L'enquête de sécurité ne peut par conséquent pas se conclure sur la constatation qu'une infraction a été commise. Pour une analyse de sécurité poussée, une analyse des facteurs humains doit offrir la possibilité d'apporter une réponse aux questions « pourquoi » et « comment » ces infractions ont pu se produire et « pourquoi » ces infractions n'ont pas pu être évitées ou corrigées.

3.6.3. ANALYSE FACTEUR HUMAIN ET ORGANISATIONNEL

Connaissance des lignes et du matériel

Le conducteur de train assurant le service de l'IC Louvain – Gand-Saint-Pierre entre en service auprès de la SNCB en 2006. Après avoir suivi une formation de base, il décroche sa première licence le 04/03/2008. L'attestation complémentaire est systématiquement renouvelée en décembre 2010, 2013 et 2016 après avoir suivi les cycles triennaux de formation permanente et après réexamen médical. Il est occupé successivement en 2008 aux sièges de travail de Grammont et de Termonde et déménage en 2014 au siège de travail de Gand-Saint-Pierre. En 8 années de service, le conducteur de train n'a jamais été impliqué dans de graves incidents de sécurité ou accidents.

Le conducteur de train dispose de la connaissance des lignes pour la L.36 et la L.53. Sa connaissance des lignes est évaluée le 02/02/2015. Le dossier d'examen obtient des conclusions positives le 17/10/2016. Son attestation complémentaire sur la connaissance des lignes pour L.36 et L.53 est renouvelée en décembre 2016. Le conducteur de train dispose également de la connaissance du matériel pour les voitures de type Break et circule très régulièrement avec ce type d'engins moteurs.

L'Organisme d'Enquête a analysé les prestations du conducteur de train afin de vérifier l'expérience des lignes du conducteur de train : les plus anciennes prestations du conducteur de train sur la L.36 dont il a été retrouvé des traces dans les archives remontent au 18/05/2015. Il s'agit du train E3632 Landen – La Panne. Ce train dessert la gare de Louvain avec arrêt prévu à Louvain voie 1. Entre le 18/05/2015 et le 18/02/2017, on trouve uniquement des enregistrements d'un départ de la voie 1 et de la voie 5.

Constatation 15
Le conducteur de train a acquis une expérience professionnelle importante et dispose de la connaissance des lignes nécessaire, mais n'est jamais parti de la voie 7.

En plus d'avoir suivi la formation permanente, le conducteur de train est également contrôlé par l'entreprise ferroviaire via un CLH (Contrôle Ligne Hiérarchique) : en 8 ans, il est soumis à 3 contrôles. Comme tel est le cas pour tous les conducteurs de train, plusieurs remarques, non pertinentes pour cette enquête, ont été formulées et abordées avec le conducteur de train.

Conduite générale

Dans le cadre de cette enquête de sécurité, l'Organisme d'Enquête a analysé de près la manière de conduire de plusieurs conducteurs de train impliqués dans des accidents de train similaires[37]. Dans cette optique, de nombreux parcours ont été analysés, qui ont eu lieu durant le mois précédant l'accident. Dans les analyses de parcours de certains conducteurs de train, un nombre pertinent d'incidents ont été constatés.

Les rapports CLH (Contrôle Ligne Hiérarchique) de ces conducteurs de train ont été demandés et analysés. Il en ressort que ces conducteurs de train ont été suivis par l'entreprise ferroviaire et que des remarques éventuelles ont été utilisées pour ajuster leur manière de conduire. Toutefois, le nombre de contrôles était très limité et le nombre de remarques formulées ne coïncidait pas avec les constatations que l'Organisme d'Enquête a pu faire.

Pendant les interviews, les conducteurs de train témoignent être confrontés tous les mois à maximum 1 à 2 incidents. On entend par « incidents » des pointages ou freinages d'urgence tardifs à la suite d'une intervention du système TBL1+(+). L'Organisme d'Enquête a confronté ce témoignage au moyen d'un certain nombre d'analyses de parcours de train fournis par différents conducteurs de train et sur différentes lignes.

L'Organisme d'Enquête constate que certains conducteurs de train sont confrontés à nombre nettement supérieur d'incidents décrits ci-dessus. Ces conducteurs de train ne sont pas assez identifiés par l'entreprise ferroviaire au moyen d'analyses de parcours ou de contrôles CLH.

L'Organisme d'Enquête part de l'idée que ces incidents pourraient notamment indiquer, par exemple, des problèmes de concentration ou de mauvaises habitudes de conduite et que ces incidents peuvent être considérés comme des signes précurseurs d'accidents. L'un n'exclut pas l'autre : la cause pourrait aussi dans certains cas s'expliquer par la complexité d'une zone, le manque de clarté d'une signalisation...

Constatation 16

Il ressort des analyses de l'Organisme d'Enquête que certains conducteurs de train n'ont pas développé systématiquement les automatismes attendus d'eux, parmi lesquels la mission CAP et des points d'anticipation. Ces conducteurs de train ne sont pas toujours identifiés par l'entreprise ferroviaire, empêchant ainsi l'ajustement de la conduite de ces conducteurs de train.

37 *On entend ici par « accidents similaires » des accidents dans lesquels la perception, la fatigue, la distraction, l'inattention ou d'autres facteurs humains selon les hypothèses retenues ont joué un rôle important.*

Horaire journalier du conducteur de train

Le tableau ci-dessous illustre l'horaire du jour du conducteur de train le 18/02/2017.
Il peut être établi du tableau que le conducteur de train assure 4 parcours de train dans la matinée. Pour des parcours de train en direction de Bruxelles, il part dans la matinée 2 fois depuis la gare de Louvain, voie 1.

Par ailleurs, il peut être noté qu'il a eu entre 10h et 11h environ 49 minutes de repos.

tâche	description	heure	provenance	heure	arrêt	heure	destination
départ	début service	**06h40**	Gent Faisceau	**--**	--		--
trajet 1	**E3605** AM 388	**07h08**	Gent-St-Pieters voie 4	**08h52**	Leuven voie 4	**09h21**	Landen voie 5
trajet 2	**E3633** AM 388	**09h39**	Landen voie 5	**10h07**	Leuven voie 1	*13h08*	*De Panne*
relève	*est relevé*	*10h07*	*Leuven voie 1*				
pause	*49 min. de pause*	*10h07*	*Leuven*			*10h56*	--
relève	*relève cdt E3606*	*10h56*	*0*				
trajet 3	**E3607** AM 426	*07h52*	*De Panne*	**10h58**	Leuven voie 4	**11h26**	Landen voie 5
trajet 4	**E3635** AM 426	**11h39**	Landen voie 5	**12h07**	Leuven voie 1	*15h08*	De Panne voie 1
relève	*est relevé*	*12h07*	*Leuven voie 1*				
relève	*relève cdt E2232*	*12h11*	*Leuven voie 7*				
pause	*58 min. de pause*	*12h11*	*Leuven*			*13h09*	--
trajet 5	**E3636** AM 326	**13h09**	Leuven voie 7			*16h08*	*De Panne voie 1*

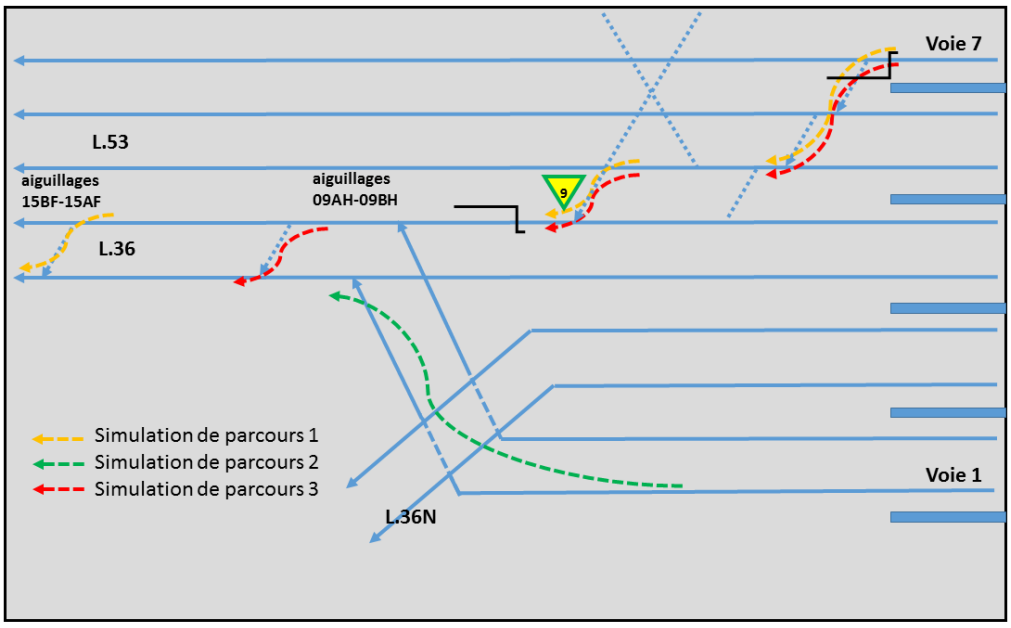
Reconstitution des trajets de train

Afin de mieux comprendre ce qui a pu se passer le 18 février, trois simulations de parcours ont lieu le 11 mars. Les trois itinéraires les plus courants au départ de Louvain en direction de Bruxelles sont filmés depuis la cabine de conduite avec une première caméra. Une deuxième caméra filme les actes d'un conducteur de train.

Les circonstances dans le cadre de la reconstitution dérogent de celles du jour de l'accident. Pendant la reconstitution, il fait nuageux et ensoleillé. Le jour de l'accident, il faisait clair et ensoleillé. Dans ces deux cas, les conducteurs de train ont le soleil dans le dos, mais l'angle d'incidence de la lumière du soleil sur le signal EZ-H.9 n'était pas totalement similaire.

La reconstitution permet de constater que les signaux lumineux sont installés correctement, fournissent des informations sans équivoque et sont clairement visibles à plus de 300 m : à 90 km/h, cela représente plus de 12 secondes avant le passage au signal. Les lampes blanches des écrans complémentaires inférieur et supérieur du signal EZ-H.9 sont visibles plus tard, à env. 300 m : à une vitesse de 90 km/h, cela représente environ 12 secondes avant le passage au signal.

Les itinéraires suivis lors de la reconstitution sont représentés visuellement ci-dessous. Seul l'itinéraire 3 correspond totalement à l'itinéraire du train qui a déraillé. Les 2 autres itinéraires sont destinés à obtenir une vision plus complète des circonstances locales.



Simulation de parcours 1

reconstitution d'un départ de la voie 7, le train passant de la contrevoie à la voie normale sur les aiguillages 15BF – 15AF qui se trouvent à environ 1 km en aval du lieu du déraillement. La vitesse maximale autorisée sur ces aiguillages s'élève à 90 km/h. Le conducteur de train n'a jamais suivi cet itinéraire, mais ce dernier fait partie des reconstitutions parce qu'il s'agit – selon la planification saisonnière – de l'itinéraire préprogrammé.

- E3636, rame automotrice de type MR96, départ à 13h09 de la voie 7 à Louvain ;
- départ avec aspect V avec chevron en direction de la contrevoie ;
- deuxième signal V clignotant sur la contrevoie ;
- circulation sur l'aiguillage 15BF – 15AF vers la voie normale.

Voici notamment des constatations utiles pour une analyse plus détaillée :

- le train part après l'allumage de l'IOT ;
- le train change de voie en direction de la contrevoie (L.36, voie A), v < 40 km/h ;
- le conducteur de train voit à sa droite un panneau de fin de zone (panneau jaune à bord vert) avec l'indication « 9 » et, en dessous, un panneau L.53 et un panneau L.36 :
  → une flèche sous l'indication L.36 n'indique pas la voie sur laquelle il circule ;
  → l'information L.36 n'est pas destinée au conducteur de train ;
- en aval de ces multiples panneaux se trouve à sa gauche un panneau de vitesse de référence « 16 » permanent (triangle vert avec « 16 » blanc) avec, en dessous, un panneau L.36N :
  → le train circulant suivant le régime de contrevoie, cette information ne lui est pas destinée ;
  → une flèche sous l'indication L.36N n'indique pas la voie sur laquelle il circule ;
- s'ensuit immédiatement à droite un nouveau panneau de fin de zone (panneau jaune à bord vert) avec l'indication « 9 » et, en dessous, un panneau L.36 :
  → le train circulant suivant le régime de contrevoie, cette information lui est destinée ;
  → une flèche sous l'indication L.36 indique la voie sur laquelle il circule ;
- lorsque la dernière voiture franchit le panneau de fin de zone, le train accélère à 90 km/h ;
- en aval d'un virage en S, le train franchit le signal EZ-H.9 à contrevoie présentant un aspect V (pas d'indication de vitesse, pas de chevron). Le signal se trouve à droite de la voie :
  → l'aspect clignotant signifie que cette information est destinée à des mouvements à contrevoie ;
  → à gauche se trouve un mur en béton et un viaduc en béton ;
- en aval du signal EZ-H.9 à contrevoie, le train circule tout droit sur les aiguillages 09BH/08H (il s'agit des aiguillages où le déraillement a commencé) et maintient une vitesse de 90 km/h ;
- en aval des aiguillages, le train change de voie via les aiguillages 15BF – 15AF vers la voie normale (L.36 voie B) à une vitesse de 90 km/h.

Simulation de parcours 2

reconstitution d'un départ de la voie 1. Il s'agit de la reconstitution d'un itinéraire coutumier au conducteur de train. Le train part à voie normale et ne doit pas changer de voie.

- E3637, rame automotrice de type Break, départ à 14h09 de la voie 1 à Louvain ;
- départ avec aspect V ;
- deuxième signal V ;
- circulation à voie normale.

Voici notamment des constatations utiles pour une analyse plus détaillée :

- le train part après l'allumage de l'IOT ;
- le train circule sans changer de voie en partant suivant le régime de voie normale (L.36, voie B) ;
- à sa gauche, le conducteur de train voit un panneau de fin de zone sélectif avec l'indication « 9 » :
  → le train circulant suivant le régime de voie normale, cette information lui est destinée ;
- en aval de ce panneau, le conducteur de train voit à sa gauche un panneau de fin de zone (panneau jaune à bord vert) avec l'indication « 9 » avec, en dessous, un panneau L.36 :
  → le train circulant suivant le régime de voie normale, cette information lui est destinée ;
  → une flèche sous l'indication L.36 indique la voie sur laquelle il circule ;
- lorsque la dernière voiture franchit ce panneau de fin de zone, le train accélère à 90 km/h ;
- en aval du panneau de fin de zone suit un virage en S. Au bout du virage, le conducteur de train voit à sa gauche le signal EY-H.9 présentant un aspect vert :
  → à l'aspect vert allumé fixe, le train circule à 90 km/h suivant le régime de voie normale ;
- en aval du signal EY-H.9 suit un deuxième virage en S et le passage sous le viaduc en béton qui était visible pendant le parcours 1 du côté gauche ;
- en aval du deuxième virage en S, le train circule tout droit sur les aiguillages 09BH/08H (aiguillages où le déraillement a commencé) et maintient une vitesse de 90 km/h.

Simulation de parcours 3

reconstitution du parcours du train qui a déraillé au départ de la voie 7, le train circulant d'une contrevoie à une voie normale sur les aiguillages 09BH/08-09AH. Il s'agit de la reconstitution de l'itinéraire du 18/02/2017, itinéraire jamais parcouru auparavant par le conducteur de train. La vitesse maximale autorisée sur ces aiguillages s'élève à 40 km/h.

- E3638, rame automotrice de type Break, départ à 15h09 de la voie 7 à Louvain ;
- départ avec aspect VJH avec chevron en direction de la contrevoie ;
- deuxième signal J clignotant avec chevron et chiffre « 4 » blanc ;
- circulation sur l'aiguillage 09BH-09AH.

Voici notamment des constatations utiles pour une analyse plus détaillée :

- le train part après l'allumage de l'IOT ;
- le train change de voie sur une première série d'aiguillages en direction de la contrevoie ;
- le train circule tout droit et change de voie sur une deuxième série d'aiguillages vers la contrevoie ;
- le conducteur de train voit à sa droite un panneau de fin de zone (panneau jaune à bord vert) avec l'indication « 9 » et, en dessous, un panneau L.53 et un panneau L.36 :
  → une flèche sous l'indication L.36 n'indique pas la voie sur laquelle il circule ;
  → l'information L.36 n'est pas destinée au conducteur de train ;
- en aval de ces multiples panneaux se trouve à sa gauche un panneau de vitesse de référence « 16 » permanent (triangle vert avec « 16 » blanc) avec, en dessous, un panneau L.36N :
  → une flèche sous l'indication L.36N n'indique pas la voie sur laquelle il circule ;
  → cette information ne lui est pas destinée ;
- s'ensuit immédiatement à droite un nouveau panneau de fin de zone (panneau jaune à bord vert) avec l'indication « 9 » et, en dessous, un panneau L.36 :
  → le train circulant suivant le régime de contrevoie, cette information lui est destinée ;
  → une flèche sous l'indication L.36 indique la voie sur laquelle il circule ;
- lorsque la dernière voiture franchit le panneau de fin de zone, le train n'accélère pas ;
- en aval du panneau de fin de zone suit une section légèrement courbée ;
- dans le virage, le conducteur de train voit à sa droite le signal clignotant EZ-H.9 à contrevoie ; à gauche se trouve le mur en béton d'un viaduc ;
- le signal EZ-H.9 présente un aspect vert avec l'indication de vitesse « 4 » et avec « chevron » blanc :
  → le train circulant suivant le régime de contrevoie, cette information lui est destinée ;
  → le train n'accélère pas ;
- en aval du signal EZ-H.9 à contrevoie, le train dévie sur les aiguillages 09BH/09AH vers la voie normale : c'est sur ces aiguillages qu'a eu lieu le déraillement le 18 février ;
- le train maintient une vitesse inférieure à 40 km/h lors du passage sur les aiguillages ;
- en aval des aiguillages 09BH/08H, le train circule à une vitesse inférieure à 40 km/h sur l'aiguillage 15AF.

Le conducteur de train explique comment il n'accélère pas après le passage au panneau de fin de zone. Un autre élément frappant dans la cabine de conduite est la saillance limitée de la lampe de mémorisation de l'écran TBL.

Test de substitution

L'objectif d'un test de substitution est de distinguer les facteurs comportementaux individuels de facteurs génériques. Concrètement, on interroge des membres du personnel occupant une fonction similaire aux membres du personnel impliqués. Ils sont mis dans une situation qui simule les circonstances le jour de l'accident.

L'Organisme d'Enquête a organisé un test de substitution avec des conducteurs de train, parmi lesquels des conducteurs de train ayant été confrontés par le passé dans la même zone de Louvain à une situation similaire à celle le jour de l'accident (non-adaptation à temps de la vitesse du train au signal EZ-H.9).

Les conducteurs de train ont été plongés dans le contexte du jour de l'accident en examinant en groupe les images vidéo de la reconstitution des parcours de train, en les abordant en détail et en les confrontant à des expériences antérieures. Grâce à leur coopération, des indications particulièrement utiles ont pu être notées sur les incidents qu'ils avaient vécus.

Il ressort notamment des témoignages sur leur expérience locale antérieure que :

- la configuration du panneau de fin de zone « 9 » à Louvain incite à accélérer à 90 km/h, alors que l'on a appris à ne pas accélérer (voir aussi diapositive 3, chapitre 3.2) ;
- en raison de différentes circonstances (distraction, surcharge d'informations…), ils n'ont pas adapté (à temps) leur vitesse au pied du signal EZ-H.9 ;
- le signal EZ-H.9 et la lampe de mémorisation TBL1+ n'ont chaque fois pas permis de corriger la vitesse (à temps).

Par ailleurs :

- on ignore la signification correcte d'un panneau repère de ligne ; on ne peut donc pas expliquer pourquoi 3 voies attenantes présentent l'indication L.36 ;
- en partie pour cette raison, ils ne peuvent pas expliquer comment distinguer – après le passage sur des aiguillages – la voie normale de la contrevoie à cet endroit : le passage en 2 phases sur différents aiguillages peut porter à croire que le train circule d'abord de la voie normale à la contrevoie, puis à nouveau de la contrevoie à la voie normale : ceci explique en partie la tendance à chercher, après le passage sur l'aiguillage 05AK, une information du côté gauche de la voie.
  Cette supposition n'est pas logique, par exemple parce qu'ils n'obtiennent pas de chevron « V » pour annoncer ce 2e passage et notamment parce que, malgré cette supposition, ils réagissent tout de même au panneau de fin de zone installé à droite ;
- par l'absence de points de repère bien visibles et par la présence d'une indication contrevoie/voie normale dans la cabine de conduite, les conducteurs de train peuvent parfois rencontrer des problèmes pour s'orienter dans le cadre temporel et spatial dans le contexte local ;
- les indications sur les panneaux du signal EZ-H.9 sont, selon eux, peu visibles lorsque le soleil illumine le signal (soleil dans le dos) ;
- en raison de la configuration, on ne remarque pas assez le signal EZ-H.9 (ni les panneaux) ;
- les images de la reconstitution permettent aux conducteurs de train interrogés de supposer un certain nombre de similitudes entre le départ de la voie 1 suivant le régime de voie normale et les actes du conducteur de train au départ de la voie 7 comme s'il circulait suivant le régime de voie normale.

Constatation 17

Le jour de l'accident, une combinaison de différents facteurs a occasionné chez le conducteur une représentation mentale erronée, qui s'est maintenue par la suite :

- un environnement complexe sans marques d'identification claires ;
- le caractère ambigu du panneau de fin de zone « 9 », qui permet une augmentation de la vitesse alors que le signal en amont du panneau de fin de zone impose une limitation de la vitesse à 40 km/h au pied du signal en aval du panneau de fin de zone (règlement HLT) ;
- le caractère ambigu des panneaux de ligne de la L.36, placés en aval de la voie 7 ;
- la définition incomplète dans le HLT du panneau de ligne de la L.36 ;
- la combinaison – pour le conducteur de train – de la connaissance passive de la ligne pour le départ de la voie 7 et du développement insuffisant des habitudes de conduite fixes, d'une part, et de la quantité d'informations à traiter pendant et peu après le départ de la voie 7, d'autre part.

Ces facteurs occasionnent chez le conducteur une représentation mentale pouvant laisser croire au conducteur qu'il roule en voie normale sur la L.36 alors qu'il est dirigé vers la L.36 en contrevoie.

Les signaux que le conducteur perçoit pendant et après son départ et l'appareillage de la cabine de conduite sont conformes aux spécifications techniques. Pour le conducteur, cependant, la saillance cognitive et physique[38] de la lampe de mémorisation LGLJM de TBL1+ (dans la cabine de conduite) et des panneaux complémentaires du signal EZ-H.9 (dans le présent contexte temporel et spatial) est trop faible pour faire revenir l'information refoulée ou pour corriger la représentation mentale erronée.

38 *Par saillance physique visuelle on entend dans ce cas : la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention). La saillance physique n'a aucun lien avec des aspects techniques comme la luminosité ou les contrastes de couleur des objets (lampes, signaux, etc).*

3.6.4. CONCEPTION DES ÉQUIPEMENTS AYANT UN IMPACT SUR L'INTERFACE HOMME-MACHINE

Perception de la situation réelle et représentation mentale

La perception et les actes des opérateurs sont basés sur leur représentation mentale de la situation, et non sur la situation « réelle ».

Cette représentation mentale va nettement au-delà de la simple intégration de stimuli perçus. Les opérateurs « filtrent » en fait la réalité et la résument en retenant uniquement les informations essentielles à la compréhension et à l'action.

Des opérateurs professionnels peuvent être sensibles à d'infimes détails tout en passant à côté d'une « évidence flagrante ». Le problème, c'est que la « saillance » d'une information située en dehors du cadre de la représentation en cours (c'est-à-dire « impensable » ou saugrenue dans son contexte) est très faible. La capacité d'un signal, même « objectivement » très fort, à déstabiliser une représentation erronée est donc très faible.

On peut, contre toute évidence, « au moyen d'une confirmation » continuer à soutenir la représentation d'une situation ne correspondant pas à la réalité en filtrant des informations contradictoires et en utilisant tout ce qui peut confirmer des schémas, voire en percevant au sens littéral ce que l'on s'attend à percevoir.

Le 18/02/2017, le conducteur de train a entamé une accélération en aval du panneau de fin de zone. Il est censé continuer à se rappeler l'aspect restrictif (situation réelle) et adapter sa vitesse à l'approche du signal EZ-H.9. Sa représentation mentale est toutefois différente et, d'une part, il manque les informations évidentes fournies par la lampe de mémorisation TBL allumée dans la cabine de conduite et, d'autre part, il manque les informations évidentes fournies par le clignotement des lumières du signal EZ-H.9 ainsi que l'indication de vitesse « 4 » sur le panneau sous ce signal.

3.6.5. CONSTATATION COMPLÉMENTAIRE

Gestion de la fatigue des conducteurs de train

Le graphique d'indice de fatigue (voir première partie du chapitre 3.6.1) montre que l'**indice de fatigue** durant la période envisagée les 2, 5 et 16 février dépasse le niveau de fatigue moyen de 20,7. Les pics dans le graphique correspondent à la fin de 2 postes du matin en rotation anti-horaire.

Les témoignages recueillis dans le cadre de cette enquête de sécurité, confirmés par des témoignages recueillis lors de l'enquête de sécurité sur la collision de Hermalle-sous-Huy en 2016, soulèvent également le problème que des postes du matin anti-horaire entraînent un niveau de fatigue important à la fin d'une semaine de travail. Dans un poste du matin en rotation anti-horaire, un conducteur de train commence jour après jour chaque matin 0,5 à 1 heure plus tôt.

FRMS for the Canadian Aviation Industry

L'organisation Transport Canada traite dans un document TP 14573[39] le risque de fatigue et déclare que la fatigue au volant provoque autant d'accidents de la route que la consommation d'alcool. Dans ce document, Transport Canada avertit de l'augmentation potentielle du risque lié à certains aspects du travail en horaires décalés et, plus particulièrement, le système des « rotating shifts ».

39 *Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry – Fatigue Management Strategies for Employees, Chapter 15 Work Schedule Design.*

Different types of shifts - Rotating shifts
Research has found that rapid rotation of shifts (i.e., changing every few days) is preferable to a slow rotation. Similarly, rotating shifts forward (i.e., morning, afternoon, night) is preferable to rotating backward (i.e., night, afternoon, morning).

Karolinska Institutet
L'étude de premier plan du Karolinska Institutet[40] en Suède arrive aux mêmes constatations.

Rapport d'enquête de sécurité Wetteren
Le rapport de sécurité Wetteren (p. 204) mentionne que l'instauration d'un SGS-RF[41] requiert un certain nombre d'actions complémentaires. Il est fait référence au problème du sens de rotation des services :

> *une prise en compte de la fatigue dans la conception et la gestion des horaires de service des conducteurs. Outre la durée des services et des repos, plusieurs paramètres doivent être pris en considération pour gérer le risque fatigue tels que les enchaînements de service (par exemple le nombre consécutifs de services de nuit ou du matin), le sens de rotation des services, la fréquence et la durée des pauses.*

Cette constatation a donné lieu à une recommandation 2 Mesures préventives[42]:
Le SSICF devrait veiller à ce que les entreprises ferroviaires mettent des procédures en place afin de minimiser les risques d'hypovigilance des conducteurs, que ce soit par la mise en place d'un système de gestion de la fatigue ou de tout autre système.

Constatation 18
L'augmentation potentielle du risque lié à certains aspects du travail en horaires décalés et, plus particulièrement, le système des postes du matin en rotation anti-horaire peut donner lieu à un niveau de fatigue supérieur à la moyenne.

40 *Karolinska Institute, Tucker et all., 1999, Akerstedt et all., 2000*
41 *SGS-RF: système de gestion de la sécurité - risque fatigue*
42 *Rapport de sécurité Wetteren p.215*

3.7. ÉVÉNEMENTS ANTÉRIEURS DE NATURE COMPARABLE

La situation telle qu'à Louvain

18/02/2017	E3636	Leuven	09BH/09AH 40 km/h	déraillement: v>90 km/h au lieu de 40 km/h

n'est pas considérée comme unique étant donné que des incidents similaires ont été enregistrés précédemment.

Accidents similaires

L'Organisme d'Enquête a mené une enquête de sécurité à l'occasion de 2 accidents similaires. Il s'agit de 2 déraillements de trains circulant après l'obtention d'un aspect VJH à une vitesse non adaptée sur des aiguillages.

04/05/2013	Z44601	Wetteren	22BW/22AW 40 km/h	Déraillement: v>80 km/h au lieu de 40 km/h
10/09/2015	E8574	Buizingen	11BD/11AD 50 km/h	Déraillement: v>100 km/h au lieu de 50 km/h

Incidents similaires identifiés

L'entreprise ferroviaire a enregistré trois incidents similaires à Louvain durant la période 2015 – février 2017 :

Date	Train	Source	Aiguillages	Incident
06/08/2015	E2641	Safetrain / Rapport accident	09BH/09AH 40 km/h	SPAD signal EZ-H.9
26/12/2015	E2632	Analyse données de parcours	09BH/09AH 40 km/h	choc: v = 87 km/h au lieu de 40 km/h
27/02/2016	E2636	Analyse données de parcours	09BH/09AH 40 km/h	choc: v = 84 km/h au lieu de 40 km/h

Sur la base des différentes conversations et de l'analyse de données disponibles sur ces incidents, 3 similitudes importantes avec l'accident de Louvain se dégagent :

- l'accélération débute au droit du panneau de fin de zone (élément déclencheur) ;
- la vitesse est non adaptée à temps au pied du signal suivant (EZ-H.9) ;
- le signal EZ-H.9 (panneaux inclus) ne permet pas de corriger la vitesse.

Plusieurs causes sont à l'origine de l'accélération et de la non-adaptation à temps de la vitesse : la distraction et la surcharge d'informations.

Incidents similaires non-identifiés

Il ressort d'analyses de parcours et des interviews menées que les conducteurs de train partant à Louvain de la voie 7 avec un aspect restrictif 2J respectent la mission CAP. Un élément frappant est que les conducteurs de train interrogés suivent tous – par analogie à la « mission CAP » préventive – à titre préventif une procédure telle que mentionnée dans l'Avis 3M (janvier 1978)[43] : lorsqu'ils rencontrent, après un départ sur l'aspect restrictif VJH, un panneau de fin de zone, ils n'en tiennent pas compte par crainte d'oublier l'aspect VJH précédemment affiché. Cette méthode de travail ne serait pas uniquement appliquée à Louvain. Cette méthode de travail est abordée parmi les conducteurs de train lors de formations et peut être considérée comme un geste-métier officieux. L'acte n'étant pas officiel, il existe la possibilité qu'un conducteur de train interprète la situation différemment et accélère au panneau de fin de zone. Le conducteur de train de l'IC 3636 ne commet donc pas de violation lorsqu'il accélère en aval du panneau de fin de zone (voir chapitre 3.3).

43 *Voir chapitre 3.3 sous « Avis 3M janvier 1978 », Avis n'étant plus d'application.*

Cependant, comme de nombreux conducteurs de train n'accélèrent pas « *parce que l'indication de vitesse d'un tel triangle n'a aucun sens* » (voir Avis 3M) après l'obtention d'un aspect VJH, l'Organisme d'Enquête suppose pour l'étude des incidents qu'une extrapolation prudente est possible du nombre d'incidents OES[44] après 2J vers le nombre d'incidents (c.-à-d. accélérations anticipées jusqu'à une v > 40 km/h sans OES) après VJH : après les corrections nécessaires, on devrait enregistrer proportionnellement autant d'incidents après un VJH que d'interventions OES après le relèvement anticipé de la vitesse au-dessus de 40 km/h.

Étant donné qu'il ressort des statistiques de 2016 (voir page 23) que 3013 trains sont partis de la voie 7 à Louvain en direction de la L.36 et que dans 80 % des cas ces trains sont partis avec un aspect VJH, cela signifierait qu'une cinquantaine d'incidents par an similaires à des « incidents OES » après un 2J auraient lieu.

Afin d'étayer cette hypothèse, la SNCB a mené, avec le concours d'Infrabel et à la demande de l'Organisme d'Enquête, quelques analyses de parcours ciblées sur les départs de trains de la voie 7 avec un aspect VJH.

Sur 24 parcours sélectionnés sur la base de la vitesse, 7 « incidents OES » non identifiés précédemment sont constatés.

Bien que cette analyse soit très incomplète et pour autant que le point de départ sur l'application d'un geste-métier officieux – par analogie à la procédure « Avis 3M de janvier 1978 » – puisse être généralisé, les constatations semblent confirmer qu'il se produit bel et bien plus d'incidents que présumé jusqu'à présent.

Constatation 19
Durant la période 2015 – 2017, seulement 3 incidents similaires sont enregistrés par l'entreprise ferroviaire et le gestionnaire d'infrastructure. Selon l'Organisme d'Enquête, de nombreux incidents ne sont pas identifiés.

44 *Overspeed Emergency Stop.*

4. ANALYSE ET CONCLUSIONS

4.1. COMPTE-RENDU FINAL DE LA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS

Le départ du train

Le 18 février 2017, le conducteur de train débute son service à 6h40 à Gand. Tôt dans la matinée, le conducteur de train assure 2 parcours : Gand-Saint-Pierre – Landen avec escale à Louvain, voie 4, puis Landen – Louvain avec arrivée à Louvain, voie 1. À Louvain, il a une interruption de 49 minutes. Après cette interruption, le conducteur de train assure 2 autres parcours : Louvain – Landen avec départ de la voie 4 et Landen – Louvain. À 12h07, ce dernier parcours se termine à la voie 1 à Louvain.

Après l'arrivée à la voie 1, le conducteur de train se rend à la voie 7 et assure la relève d'un collègue conducteur de train. Il réceptionne le train E3636 et exécute les tests de freins prévus. En attendant le départ, il prend une interruption de 48 minutes. Dix minutes avant le départ, il démarre son train et remplit quelques formalités administratives.

À son arrivée à la voie 7, le signal H-K.9 au bout du quai est fermé (rouge). À 13h08:33, le conducteur de train voit ce signal s'ouvrir sur 2J (double Jaune) avec chevron « V ». Seize secondes plus tard, ce signal passe sur VJH (Vert-Jaune Horizontal) avec chevron « V ». Par l'allumage du chevron, le conducteur de train est informé que son train change de régime au pied de ce signal.

Une fois l'heure de départ arrivée et tous les voyageurs à bord, le chef de bord ferme les portes du train. À 13h09:19, le chef de bord dessert l'IOT « Indicateur Opérations Terminées » sur le quai. Le chef de bord informe ainsi le conducteur de train que les opérations[45] sont terminées et que le train est prêt à partir. Le chef de bord dispose à présent de 10 secondes pour remonter dans son train.

Dès l'ouverture du signal sur 2J, une première condition au départ est remplie pour le conducteur de train et ce dernier doit diriger son attention sur l'IOT installé devant lui sur le quai. Le signal IOT est éteint au départ, mais lorsque le chef de bord le dessert à 13h09:19, le signal IOT présente d'abord « une lumière rouge » et ensuite, après 9 secondes, « six lumières blanches ».

Par l'allumage de la couronne blanche de l'IOT, le conducteur de train sait que les opérations sont terminées et qu'une deuxième condition pour partir est remplie. Le conducteur de train dirige à présent son attention sur la lampe « porte ». Tandis qu'il met son train en mouvement, il vérifie si le chef de bord est effectivement monté à bord et s'il a fermé la dernière porte. Lorsque la lampe « porte » est allumée, une troisième condition au départ est remplie.

55 secondes après l'ouverture du signal H-K.9, le conducteur de train déplace son train en petit mouvement jusqu'au signal de départ à respecter[46], le signal H-K.9. Comme ce signal est ouvert, il peut continuer à circuler. Dans sa cabine de conduite, le conducteur de train entend l'annonce de l'accompagnateur de train. Juste avant le passage au signal, il acquitte l'aspect restrictif.

45 *On entend en l'occurrence par « opérations » l'embarquement et le débarquement de voyageurs.*
46 *RSEIF 3.1 paragraphe 5.3.8.3.3*

Le train circule à vitesse adaptée (v < 40 km/h) en 2 mouvements sur des aiguillages en direction de la L.36 voie A qu'il parcourt en contrevoie. Immédiatement après le dernier aiguillage est installé, à droite de la voie, un poteau avec un panneau de ligne L.36. Une flèche bleue sous ce panneau indique la gauche, vers la voie sur laquelle il circule. Sur le même poteau que le panneau de ligne est installé un panneau de vitesse (panneau de fin de zone « 9 »). En aval du panneau de ligne, le train accélère, ceci alors que l'aspect VJH précédemment affiché annonçait une réduction de vitesse. Le conducteur de train peut dans ces circonstances augmenter sa vitesse conformément au HLT. Une interprétation courante du HLT parmi les conducteurs de train[47] autorise une augmentation de la vitesse à 79 km/h, mais le conducteur de train doit ensuite décélérer jusqu'à ne pas dépasser la vitesse de 40 km/h lors du passage au pied du signal suivant[48].

Le train circule à vitesse croissante sur un léger virage en direction du signal suivant, le signal EZ-H.9. Le conducteur de train a le soleil dans le dos et ce dernier illumine ce signal. Les stores dans la cabine de conduite, à droite du conducteur de train, sont abaissés et la vision de la situation est limitée.

Le signal présente un aspect vert clignotant et est équipé d'écrans complémentaires supérieur et inférieur. Le signal impose une réduction de vitesse de 40 km/h. Le train franchit le signal à une vitesse encore croissante. En aval du signal, la vitesse atteint un pic à 106 km/h. Peu avant les aiguillages suivants, le conducteur de train perçoit la position d'un aiguillage devant lui. L'aiguillage est dans une position à laquelle il ne s'attend pas. Le conducteur de train se rend compte que la vitesse n'est pas adaptée et la perception de la position de l'aiguillage suscite une réaction de récupération : le conducteur de train interrompt immédiatement la traction.

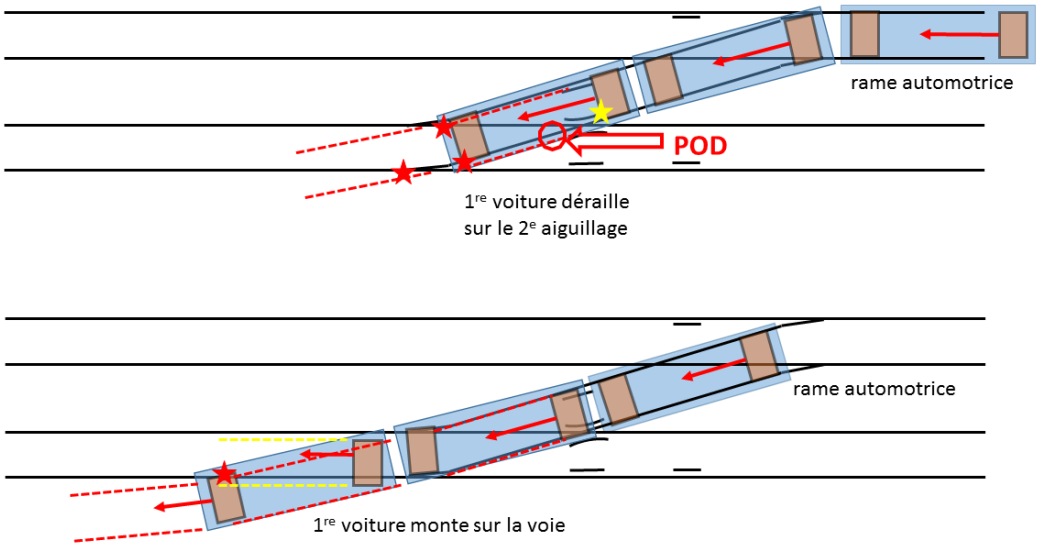
Le déraillement

Comme le conducteur de train interrompt la traction, le train décélère légèrement.

Il ressort de l'analyse des données de parcours que la vitesse de l'IC 3636 à l'entrée du premier aiguillage est non adaptée (> 90 km/h) (constatation 12) pour un passage sur un virage en S formé par deux aiguillages consécutifs pouvant être parcourus à maximum 40 km/h. La vitesse non adaptée entraîne des chocs qui font dérailler la voiture à la tête du mouvement (constatation 13). Le déroulement du déraillement est représenté schématiquement ci-dessous.

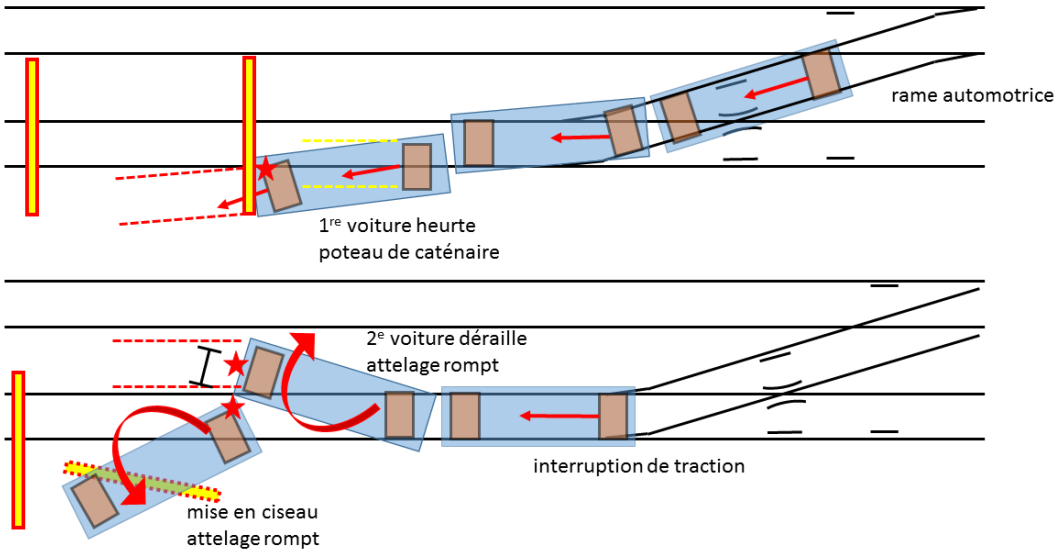
47 *HLT IIB.1 Annexe III point 6*

48 *Pour le gestionnaire d'infrastructure, la limitation de vitesse est valable dès le premier appareil de voie en aval de ce signal.*



phase 1 : représentation schématique déraillement

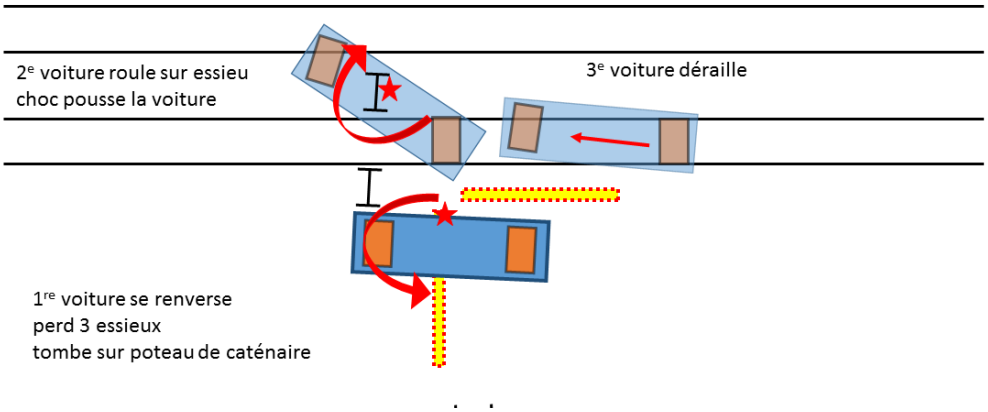
Tandis que la première voiture roule dans le ballast et rencontre une résistance du fait que les roues roulent dans le ballast, la rame automotrice et la deuxième voiture restent sur les voies et poussent la première voiture vers l'avant.
La deuxième voiture tient l'arrière de la première voiture sur l'assiette ferroviaire, mais l'avant de la première voiture est encore poussée dans le talus jusqu'à heurter un premier poteau de caténaire. Le choc provoque des mises en ciseau, poussant ainsi la deuxième voiture hors des voies en direction de la voie centrale. De ce fait, l'attelage entre la première et la deuxième voiture rompt.



phase 2 : représentation schématique début mise en ciseau

Le renversement

Lors d'une phase suivante du déraillement, la première voiture perd un essieu. L'essieu arrive sous la voiture 2. Ceci provoque un choc qui pousse la voiture 2 dans l'entrevoie.
La première voiture continue à pivoter du nez à contre-sens, se renverse et chute sur le flanc droit. En se renversant, la voiture touche un deuxième poteau de caténaire.



phase 3 : représentation schématique renversement de la première voiture sur un poteau de caténaire

On suppose à cette phase de l'accident qu'un voyageur est éjecté du train, atterrit sous la première voiture et décède. L'enquête judiciaire devra apporter de la clarté à ce sujet.

4.2. DISCUSSION

Le déraillement

Il ressort de l'analyse des enregistrements de parcours du train, des livres de bord des installations techniques et de l'EBP que le déraillement est provoqué par la vitesse non adaptée du train lors du passage sur un virage en S formé par deux aiguillages consécutifs (constatations 12 et 13).

Lors de l'enquête, aucune indication n'a été trouvée susceptible d'indiquer d'éventuels problèmes au niveau du matériel roulant ou de l'infrastructure (constatations 10 et 11).

4.2.1. ANALYSE DES FACTEURS HUMAINS

Biais d'ordre cognitif

Selon l'hypothèse retenue, **un biais d'ordre cognitif**[49] (voir annexe 2) à la suite d'une surcharge d'informations est à l'origine du traitement incorrect des informations (commandes) fournies par la signalisation concernant les limitations de vitesse à respecter (constatation 17).

Le jour de l'accident, une combinaison de différents facteurs a occasionné chez le conducteur une représentation mentale erronée, qui s'est maintenue par la suite :

- un environnement complexe sans marques d'identification claires ;
- le caractère ambigu du panneau de fin de zone « 9 », qui permet une augmentation de la vitesse alors que le signal en amont du panneau de fin de zone impose une limitation de la vitesse à 40 km/h au pied du signal en aval du panneau de fin de zone (règlement HLT) ;
- le caractère ambigu des panneaux de ligne de la L.36, placés en aval de la voie 7 ;
- la définition incomplète dans le HLT du panneau de ligne de la L.36 ;
- la combinaison – pour le conducteur de train – de la connaissance passive de la ligne pour le départ de la voie 7 et du développement insuffisant des habitudes de conduite fixes, d'une part, et de la quantité d'informations à traiter pendant et peu après le départ de la voie 7, d'autre part.

Ces facteurs occasionnent chez le conducteur une représentation mentale pouvant laisser croire au conducteur qu'il roule en voie normale sur la L.36 alors qu'il est dirigé vers la L.36 en contrevoie.

Les signaux que le conducteur perçoit pendant et après son départ et l'appareillage de la cabine de conduite sont conformes aux spécifications techniques. Pour le conducteur, cependant, la saillance cognitive et physique[50] de la lampe de mémorisation LGLJM de TBL1+ (dans la cabine de conduite) et des panneaux complémentaires du signal EZ-H.9 (dans le présent contexte temporel et spatial) est trop faible pour faire revenir l'information refoulée ou pour corriger la représentation mentale erronée.

Le test de substitution (voir chapitre 3.6.3) démontre que l'accident du 18 février à Louvain n'est pas un incident isolé, mais que dans cette même zone plusieurs événements similaires se sont produits entre début 2015 et février 2017.

Le principe d'un test de substitution est que – lorsqu'il s'avère que des opérateurs agissent de manière similaire au collaborateur impliqué – l'événement n'est pas dû en soi au collaborateur en question, mais qu'il s'agit plutôt d'un problème générique. En d'autres termes, cela peut indiquer un problème sous-jacent tel qu'il est apparu précédemment pour les accidents de Wetteren (2013) et Buizingen (2015).

49 *Pour de plus amples informations, voir John Manoogian dans « Cognitive Bias Codex ».*

50 *Par saillance physique visuelle on entend dans ce cas : la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention). La saillance physique n'a aucun lien avec des aspects techniques comme la luminosité ou les contrastes de couleur des objets (lampes, signaux, etc).*

Connaissances – le conducteur de train n'est pas en possession de tous les éléments pour se forger une bonne représentation mentale de la situation

Le conducteur de train n'a aucun point de repère.

Le départ du train IC 3636 se fait de manière routinière et connaît un déroulement tout à fait reconnaissable pour des conducteurs de train assurant régulièrement des services de train Landen – Louvain – Bruxelles – La Panne (constatation 2). Toutefois, en dépit de sa longue expérience, le conducteur de train qui circule le 18/02/2017 avec le train IC 3636 n'est jamais parti auparavant de la voie 7 (constatation 15). Il dispose uniquement d'une connaissance des lignes théorique sur la voie 7 à Louvain (constatation 4).

De nombreuses étapes, propres à une procédure de départ tout à fait normale de la voie 7 comme le 18/02/2017, s'enchaînent rapidement. Lors du départ, un ancien stimulus d'information (limitation de vitesse qui sera imposée au signal suivant) est refoulé par un stimulus d'information récent (autorisation du panneau de fin de zone « 9 » de relever la vitesse à 90 km/h).

En raison de l'absence d'éléments déclencheurs censés permettre de rappeler d'anciennes informations, le conducteur de train s'appuie sur une « vieille habitude », cherchant dans de nouveaux stimuli d'information la confirmation d'un schéma de pensée qu'il a choisi. L'ancienne habitude visée est celle d'un « départ de la voie 1 avec aspect vert sans chevron », où il circule à voie normale et peut accélérer sans qu'une limitation de vitesse lui soit imposée.

Pour structurer leur activité de perception de signaux, les agents utilisent les informations disponibles dans leur mémoire (procédure mémorisée), dans les documents de travail s'ils existent (procédures, gammes, do-lists, check-lists, etc.) et dans l'environnement. Ils développent des « circuits visuels » qui soutiennent leur mémoire en utilisant un certain ordre du monde pour représenter l'ordonnancement de leurs actions. On parle « d'action située » pour signifier qu'une partie de l'organisation de l'action est dès lors comme « prise en charge » par l'environnement. On parle de « cognition distribuée » pour signifier que le couplage opérateur-environnement constitue un véritable « système cognitif », où la représentation des connaissances est à la fois dans la « tête du sujet » et dans les artefacts qui l'entourent et qu'il met au service de sa représentation (on dit que les experts « asservissent » leur environnement). D'où l'importance de la connaissance de la ligne pour la perception correcte des signaux par les conducteurs de train. Au-delà de la connaissance de ligne « académique » qui permet de mémoriser le repérage des feux, certains conducteurs s'appuient sur des repères qu'ils choisissent dans l'environnement proche du signal pour se préparer au mieux à la perception d'un signal. Il peut s'agir d'un passage à niveau, d'un bâtiment ou de tout autre élément durable et facilement identifiable à proximité du signal. Ainsi, chaque conducteur a ses propres points de repères, certains préférant plutôt utiliser les balises prévenant de la présence d'un signal.[51]

Perception de signaux

Le conducteur de train part de la voie 7 après l'obtention d'informations telles que l'IOT, la lampe jaune CVR LCVR, l'aspect VJH et la lampe portes. Au signal H-K.9, la lampe LCVR s'éteint et la lampe LNCV s'allume. La lampe de mémorisation TBL1++ LGLJM s'allume : il est dès à présent rappelé constamment au conducteur de train qu'il devra respecter au signal suivant une limitation de vitesse de 40 km/h. La saillance de la lampe de mémorisation est faible dans les circonstances données (constatation 17).

Le chevron blanc au-dessus du signal au bout du quai de la voie 7 annonce un changement de régime. Ce changement de régime a lieu en 2 mouvements et sur 8 aiguillages. Ce passage en 2 mouvements peut susciter chez le conducteur de train la fausse impression qu'il circule d'abord de la voie normale vers la contrevoie, puis de la contrevoie à la voie normale. Le conducteur de train n'a jamais suivi auparavant cet itinéraire et a donc clairement besoin à cet endroit d'une confirmation du régime dans lequel il se trouve.

51 *Voir Rapport de sécurité Wetteren (2013), chapitre 4.2.1.2*

À défaut de points de repère clairs (mise en scène locale), la distinction entre voie normale et contrevoie est difficile. Dans la cabine de conduite également, le conducteur de train n'obtient aucune indication sur le régime suivant lequel il circule : il peut uniquement distinguer la voie normale de la contrevoie par une connaissance des lignes ou par déduction logique. Mais précisément au moment où il doit procéder à cette déduction, le conducteur de train perçoit pas moins de 3 voies attenantes équipées d'un panneau repère de la ligne « L.36 ». La configuration des voies et des signaux dans l'environnement complexe – telle qu'expérimentée par les conducteurs de train quittant la gare de Louvain au départ de la voie 7 – rend difficile le décodage intuitif des informations fournies par les signaux présents.

Au moyen de plusieurs détails, le conducteur de train est censé, par déduction logique, pouvoir conclure qu'il circule à contrevoie :

- il ne rencontre du côté de l'infrastructure aucun nouveau (deuxième) chevron « V » pour annoncer un nouveau changement de régime ;
- pour un conducteur de train circulant suivant un régime à contrevoie, des signaux sont installés à droite de la voie et clignotent : le signal EZ-H.9 que le conducteur de train approche est installé à droite de la voie, l'aspect est vert et la lumière clignote ;
- l'écran complémentaire supérieur présente un chevron blanc. Le chevron blanc annonce le changement de régime (en l'occurrence, la transition de contrevoie à voie normale). Indépendamment du régime suivant lequel il circule, le conducteur de train sait qu'il changera de régime ;
- l'écran complémentaire inférieur présente un 4 blanc. Par l'indication « 4 », le conducteur de train sait qu'il doit respecter au pied du signal (réglementation HLT) une vitesse de 40 km/h. Dans ce cas, il est attendu du conducteur de train qu'il adapte sa vitesse et active le freinage le cas échéant. Les données de parcours montrent que le conducteur de train n'adapte pas sa vitesse.

Le décodage de la situation ne peut pas se faire de manière intuitive : la situation demande que le conducteur de train développe un raisonnement, mais le conducteur de train n'a pas l'occasion de développer ce raisonnement et ne peut par conséquent pas exploiter toutes les informations (correctement) : en aval du panneau repère d'une ligne, il rencontre un panneau de fin de zone « 9 » et accélère. Une interprétation courante parmi les conducteurs de train de la réglementation interne HLT[52] permet une augmentation de la vitesse à 79 km/h. Cette autorisation n'est pas compatible avec ce que l'on apprend durant les formations. Lors des formations, on apprend à ne donner aucune suite au panneau de fin de zone et donc à ne pas accélérer parce que l'on risque d'oublier la limitation de vitesse « 4 » précédemment imposée. La contradiction entre la réglementation interne et les gestes-métiers appris permet une divergence d'interprétations et s'écarte des habitudes de conduite fixes.

En l'absence d'un système de récupération efficace à bord du train (constatation 1), la responsabilité de la rectification de la situation repose totalement sur le conducteur de train. Dans cette optique, le conducteur de train doit percevoir et interpréter correctement les informations fournies par le signal EZ-H.9 pour y donner la bonne suite. Le signal EZ-H.9 a été implanté selon les prescriptions internes d'Infrabel et est visible, la voie suivant une ligne droite. Selon les témoignages, les écrans complémentaires inférieur et supérieur sont peu visibles lorsque les conducteurs de train ont le soleil dans le dos et que le soleil illumine le signal. La reconstitution n'a pu fournir aucun renseignement sur ce point parce qu'elle n'a pas pu avoir lieu dans des circonstances parfaitement identiques.

Dans ce contexte, il convient de noter qu'un élément visible n'est pas pour autant forcément perçu dans les faits.
Les représentations mentales sont donc couplées à la réalité de façon complexe et récursive (à travers elles-mêmes). Elles sont partiellement « réalistes » - influencées par le monde « réel » au travers des canaux sensoriels - et partiellement auto-générées et « opératives », c'est à dire influencées par les objectifs

52 *HLT IIB.1 Annexe III point 6*

internes. Ce couplage complexe permet de rendre compte de propriétés surprenantes de la perception : un opérateur expert peut être sensible à un détail infime, et en même temps rater une « énorme évidence ». En effet, les intentions et les attentes générées par la représentation mentale guident l'attention vers les détails utiles si la représentation est cohérente avec la situation, mais détournent la conscience d'aspects essentiels si la représentation est inappropriée. Par ailleurs, toute l'attention n'est pas sélective, car cela conduirait à ignorer les événements imprévus, mais susceptibles d'être un problème. Ce serait trop dangereux, et il faut donc en permanence que tout événement inattendu puisse également attirer l'attention. La capacité d'un item à attirer notre attention est connue sous le nom de « saillance ».

Le problème, c'est que la saillance d'une information située en dehors du cadre de la représentation en cours (c'est-à-dire « impensable » ou saugrenue dans son contexte) est très faible. La capacité d'un signal, même « objectivement » très fort, à déstabiliser une représentation erronée est donc très faible.[53]

Selon l'hypothèse retenue, ni la lampe de mémorisation dans la cabine de conduite ni le signal (les panneaux avec chevron « V » et avec « 4 » blanc) n'ont permis au conducteur de train de constater la représentation mentale incorrecte pour la remplacer par une représentation mentale correcte. Le conducteur de train ne réagit qu'à la vue de la position de l'aiguillage, en aval du signal EZ-H.9.

Evénements antérieurs

Les déraillements de Wetteren (2013) et Buizingen (2015) et d'autres incidents identifiés démontrent à profusion l'ampleur des risques liés au non-respect des limitations de vitesse annoncées par un signal VJH et l'impossibilité de prévenir ces risques au moyen d'un système d'aide à la conduite de type TBL1++.

4.2.2. ANALYSE SGS

Système de récupération

Double jaune

L'entreprise ferroviaire a identifié le risque de la non-adaptation à temps de la vitesse après l'obtention d'un aspect 2J (constatation 6). L'entreprise ferroviaire a mis en place un système permettant une récupération automatique de cette situation dangereuse par intervention de l'équipement TBL1++ ou ETCS. Le train qui a déraillé est équipé d'un système de récupération de type TBL1++.

Vert-Jaune Horizontal

Le système TBL1++ dont est équipé le train qui a déraillé n'est cependant pas conçu pour intervenir si la vitesse est non adaptée à temps après l'obtention d'un aspect VJH : le système de récupération automatique par l'équipement TBL1++ se désactive automatiquement lors du passage à un signal présentant un aspect VJH. À défaut d'un système de récupération adapté (constatation 1), la responsabilité totale de la rectification d'une situation dangereuse repose sur les épaules du conducteur de train : le conducteur de train doit pouvoir constater lui-même à temps que la situation est dangereuse et doit pouvoir y donner la suite adaptée à temps.

Surveillance

Double jaune

Durant les formations, l'attention des conducteurs de train est attirée sur le risque lié à la non-adaptation à temps de la vitesse. Ils sont chargés d'exécuter la « mission CAP » (constatation 6) qui implique la non-prise en compte des informations fournies par le panneau de fin de zone : une augmentation de vitesse n'est pas autorisée. L'exécution de la mission CAP est une mesure préventive, un geste-métier qui développe des automatismes pouvant favoriser la conduite sécurisée.

Le non-respect de la mission CAP peut susciter une intervention de TBL1++ ou ETCS (mesure corrective). Cette intervention s'enregistre automatiquement. Au moyen d'analyses de parcours, l'entreprise ferroviaire peut constater l'intervention du système TBL1++ ou ETCS. Cela offre à l'entreprise ferroviaire la possibilité d'analyser la manière de conduire du conducteur de train, de l'aborder et de l'ajuster au besoin.

53 *Voir Rapport de sécurité Wetteren (2013), chapitre 4.2.1.4*

Vert-Jaune Horizontal
Il n'existe pas de mesure préventive similaire après l'obtention d'un aspect VJH (constatation 6), au contraire : une augmentation de la vitesse en aval du panneau de fin de zone – après l'obtention d'un aspect VJH – n'est pas interdite, mais souhaitée par le HLT (voir chapitre 3.3) pour éviter de gêner inutilement la circulation.

Bien qu'il n'existe pas de mesure préventive officielle similaire, l'Organisme d'Enquête constate que de nombreux conducteurs de train n'augmentent pas la vitesse de leur train – après l'obtention d'un aspect VJH – après un passage à un panneau de fin de zone tel qu'à Louvain : ils suivent une méthode de travail apprise lors des formations, qu'ils appliquent par crainte d'oublier la limitation de vitesse imposée (constatation 5).

L'instauration d'une mesure préventive similaire pourrait apporter une contribution en ce sens qu'elle peut contribuer au développement d'automatismes susceptibles de prévenir des incidents. Une telle mesure préventive était prévue dans une ancienne règle remontant à 1978 (voir chapitre 3.3.2), mais a été abrogée sans être remplacée par une nouvelle règle préventive (constatations 6 et 7).

Les conducteurs de train pourraient être soutenus par la prise de mesures préventives pouvant favoriser une réaction corrective. Il s'agit d'un certain nombre de mesures censées favoriser le décodage intuitif des informations fournies par les signaux présents ou permettre d'attirer à temps l'attention des conducteurs de train, par exemple par une signalisation sans équivoque (voir constatations 5, 8 et 9), la bonne saillance des signaux ou la lampe de mémorisation TBL1+ (constatation 17).

Compétences et conduite générale
Chaque mois, de nombreux incidents ont lieu sur le réseau ferroviaire, par exemple des pointages tardifs, des vitesses inadaptées ou des freinages d'urgence (constatation 3). Ces incidents doivent être considérés comme des signes précurseurs d'accidents.

L'entreprise ferroviaire investit des efforts considérables pour suivre la conduite et les compétences des conducteurs de train. Chaque mois, des centaines d'analyses de parcours sont menées. Certains incidents peuvent être rapidement constatés parce qu'ils sont faciles à déduire de la représentation graphique d'enregistrements de parcours. D'autres incidents ne peuvent être constatés qu'après une analyse plus approfondie des données de parcours. Il n'est, par exemple, pas possible de déduire des graphiques des vitesses inadaptées lors du passage à un signal imposant une limitation de vitesse (préalablement annoncée par un aspect VJH). Cette analyse n'étant pas menée systématiquement (constatation 3), l'entreprise ferroviaire et le gestionnaire d'infrastructure n'identifient pas assez (constatation 19) le risque lié au non-respect de la réduction de vitesse imposée après l'obtention d'un aspect VJH. Le non-respect en temps utile de la réduction de vitesse peut être le fruit d'habitudes de conduite incorrectes, de la distraction ou autre, ce qui doit être considéré comme l'un des signes précurseurs d'un accident.

Par un suivi adapté de la conduite et des compétences, des mesures préventives plus ciblées pourraient être formulées de manière constructive[54].

54 *Il est renvoyé ici au chapitre 5.3.5 du rapport de sécurité Buizingen 2010. L'Organisme d'Enquête met l'accent sur l'application d'une « just culture », et non sur l'application d'une « blame culture ».*

4.3. CONCLUSIONS

Cause directe (conduite du train)
Il ressort des analyses de la bande de vitesse du train que la vitesse du train atteint un pic à 106 km/h juste avant un virage en S formé par des aiguillages consécutifs conçus pour être parcourus à une vitesse maximale de 40 km/h.

Les différentes inspections, épreuves et simulations du matériel roulant, des appareils de voie et des signaux lumineux ou sur ceux-ci n'ont mis en lumière aucun problème technique susceptible d'être à l'origine d'un déraillement.

Selon l'hypothèse retenue, **la cause directe** du déraillement est **la vitesse inadaptée** du train dans le virage en S formé par deux aiguillages consécutifs.

Facteur indirect – 1 (facteur humain)
Le départ du train IC 3636 se fait de manière routinière et connaît un déroulement tout à fait reconnaissable pour des conducteurs de train assurant régulièrement des services de train Landen – Louvain – Bruxelles – La Panne. Toutefois, malgré sa longue expérience, le conducteur de train qui circule le 18/02/2017 avec le train IC 3636 n'est jamais parti auparavant de la voie 7. Il dispose uniquement d'une connaissance des lignes théorique sur la voie 7 à Louvain.

De nombreuses étapes, propres à une procédure de départ tout à fait normale le 18/02/2017, s'enchaînent rapidement. Lors du départ, un ancien stimulus d'information (limitation de vitesse imposée au signal suivant) est refoulé par un stimulus d'information récent (autorisation du panneau de fin de zone « 9 » de relever la vitesse à 90 km/h). En raison de l'absence d'éléments déclencheurs censés permettre de rappeler d'anciennes informations, le conducteur de train s'appuie sur une « vieille habitude », cherchant dans de nouveaux stimuli d'information la confirmation d'un schéma de pensée qu'il a choisi. L'ancienne habitude visée est celle d'un « départ de la voie 1 avec aspect vert sans chevron », où il circule à voie normale et peut accélérer sans qu'une limitation de vitesse lui soit imposée.

Selon l'hypothèse retenue, les situations suivantes ont contribué à la « surcharge d'informations » :

- la situation de départ complexe (constatation 17)
  - bien que les conducteurs de train y soient entraînés, chaque départ d'une gare d'origine est une procédure complexe en raison du nombre d'actes devant s'enchaîner sur un laps de temps relativement court
  - la configuration du premier panneau de fin de zone 90 km/h en aval des quais 7 et 5 peut susciter un schéma de pensée erroné
- circonstances de départ jamais exécutées auparavant
  - le conducteur de train dispose de la connaissance des lignes nécessaire, mais n'est jamais auparavant, en plus de 8 années de service, parti à Louvain depuis la voie 7 (constatations 4 et 15)
  - la situation de départ inexplorée accroît la complexité de celle-ci
  - non-respect strict des habitudes de conduite apprises (voir constatation 16)
  - le respect strict systématique d'habitudes de conduite fixes crée des automatismes qui rendent moins complexe une situation de départ
- après un départ sur VJH, on n'apprend pas (ou plus) d'habitudes de conduite officielles spécifiques sur lesquelles un conducteur de train peut s'appuyer lors du franchissement d'un panneau de fin de zone
  - la réglementation autorise l'accélération à un panneau de fin de zone alors que durant les formations il est conseillé de ne pas accélérer. Cette contradiction laisse place à des interprétations individuelles et n'entraîne pas d'habitudes de conduite fixes

- expérience acquise d'un départ de la voie 1
  - le conducteur de train a acquis une grande expérience du départ à Louvain du quai 1 : en cas de problème, il y a de fortes probabilités que le conducteur de train s'appuie par réflexe sur la routine « départ de la voie 1 » acquise
- la mise en scène de la zone située entre la gare et le signal EZ-H.9 (la complexité de l'environnement, l'absence de points de repère clairs, le caractère peu intuitif des signaux, la position du soleil...) favorise le refoulement ou la déformation d'informations

Selon l'hypothèse retenue, **le premier facteur indirect** est le traitement incorrect des informations (commandes) données par la signalisation concernant les limitations de vitesse à respecter, ayant permis **une représentation mentale erronée (biais d'ordre cognitif)**[55].

Le jour de l'accident, une combinaison de différents facteurs a occasionné chez le conducteur une représentation mentale erronée, qui s'est maintenue par la suite :

- un environnement complexe sans marques d'identification claires ;
- le caractère ambigu du panneau de fin de zone « 9 », qui permet une augmentation de la vitesse alors que le signal en amont du panneau de fin de zone impose une limitation de la vitesse à 40 km/h au pied du signal en aval du panneau de fin de zone (règlement HLT) ;
- le caractère ambigu des panneaux de ligne de la L.36, placés en aval de la voie 7 ;
- la définition incomplète dans le HLT du panneau de ligne de la L.36 ;
- la combinaison – pour le conducteur de train – de la connaissance passive de la ligne pour le départ de la voie 7 et du développement insuffisant des habitudes de conduite fixes, d'une part, et de la quantité d'informations à traiter pendant et peu après le départ de la voie 7, d'autre part.

Ces facteurs occasionnent chez le conducteur une représentation mentale pouvant laisser croire au conducteur qu'il roule en voie normale sur la L.36 alors qu'il est dirigé vers la L.36 en contrevoie.

Facteur indirect – 2 (design)

Les signaux que le conducteur perçoit pendant et après son départ et l'appareillage de la cabine de conduite sont conformes aux spécifications techniques. Pour le conducteur, cependant, la saillance cognitive et physique[56] de la lampe de mémorisation LGLJM de TBL1+ (dans la cabine de conduite) et des panneaux complémentaires du signal EZ-H.9 (dans le présent contexte temporel et spatial) est trop faible pour faire revenir l'information refoulée ou pour corriger la représentation mentale erronée.

Selon l'hypothèse retenue, **le deuxième facteur indirect** est celui-ci : le conducteur – malgré les informations fournies – ne parvient pas à corriger la représentation mentale erronée en raison de la **saillance physique et cognitive insuffisante** de la lampe de mémorisation allumée dans sa cabine de conduite et du signal (des panneaux complémentaires du signal) EZ-H.9.

55 *Voir annexe 1 pour des explications sur le biais d'ordre cognitif.*

56 *Par saillance physique visuelle on entend dans ce cas : la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention). La saillance physique n'a aucun lien avec des aspects techniques comme la luminosité ou les contrastes de couleur des objets (lampes, signaux, etc).*

Facteur indirect - 3 (design)
Le système d'aide à la conduite TBL1++ dont le train est équipé interviendra sous certaines conditions si, après avoir obtenu un signal 2J, la vitesse maximale de 40 km/h n'a pas été obtenue à temps ou n'est plus respectée après avoir été obtenue plus tôt. Lors du départ d'une gare d'origine, cette fonction est automatiquement activée.

Le système d'aide à la conduite TBL1++ n'est pas conçu pour contrôler la vitesse des trains lors du franchissement d'un signal présentant le VJH : cette fonction est automatiquement désactivée lors du franchissement d'un signal Vert Jaune Horizontal. En conséquence, le système d'aide à la conduite ne peut plus intervenir lorsque la limitation de vitesse imposée n'est pas respectée.

La technologie ETCS permet une supervision de la vitesse après un VJH. Le train n'est pas équipé de la technologie ETCS et le système ETCS côté infrastructure n'est pas encore opérationnel.

Selon l'hypothèse retenue, **le troisième facteur indirect** est **l'absence d'un système de récupération efficace.**

Facteur système – 1 (surveillance)
L'entreprise ferroviaire investit des efforts considérables pour suivre la manière de conduire des conducteurs de train. Chaque mois, des centaines d'analyses de parcours sont menées. Certains incidents peuvent être rapidement constatés parce qu'ils sont faciles à déduire des graphiques tirés d'enregistrements de parcours. D'autres incidents ne peuvent être constatés qu'après une analyse plus approfondie des données de parcours. Il n'est, par exemple, pas possible de déduire des graphiques des vitesses inadaptées lors du passage à un signal imposant une limitation de vitesse (préalablement annoncée par un aspect VJH). Cette analyse n'est pas menée systématiquement. Par conséquent, les entreprises ferroviaires n'identifient pas assez le risque de ne pas procéder (suffisamment tôt) à la réduction de vitesse imposée après la réception d'un signal VJH.

Le fait de ne pas respecter à temps une réduction de vitesse peut être le résultat d'habitudes de conduite incorrectes, d'une tendance à la distraction ou autre, ce qui doit être considéré comme l'un des signes précurseurs d'un accident.

À Louvain, en 2 ans, on enregistre 4 incidents présentant des similitudes avec l'accident du 18/02/2017 : un départ de la voie 7 ou 5 avec un aspect VJH, suivi du non-respect de la vitesse imposée au signal suivant.

Il ressort de cette enquête de sécurité et de précédentes (voir Wetteren 2013, Buizingen 2015, Louvain 2017…) que le non-respect des limitations de vitesse peut avoir de lourdes conséquences et qu'un suivi s'impose. Dans le rapport de sécurité Buizingen (chapitre 4.5.3.2) ceci est formulé comme suit :

> *Cependant, il est tout à fait probable que beaucoup d'événements de ce type restent inconnus et que le nombre total d'événements de survitesse soit en réalité sous-estimé vu des difficultés de détection de ce type d'événement.*

Premier facteur système
L'entreprise ferroviaire **n'identifie pas assez le risque de ne pas procéder (suffisamment tôt) à la réduction de vitesse imposée** après la réception d'un signal VJH, ni le caractère récurrent d'incidents qui laissent supposer que certains conducteurs de train n'acquièrent pas systématiquement les automatismes de conduite qu'on attend d'eux.

Le fait de ne pas respecter à temps une réduction de vitesse peut être le résultat d'habitudes de conduite incorrectes, d'une tendance à la distraction ou autre, ce qui doit être considéré comme l'un des signes précurseurs d'un accident.

Facteur système – 2 (apprentissage organisationnel)

La situation telle que rencontrée par le conducteur de train au départ de la voie 7 à Louvain complique l'analyse des données et entraîne un biais d'ordre cognitif :

- à défaut de points de repère, le conducteur de train peut difficilement s'orienter et peut difficilement distinguer la contrevoie de la voie normale ;
- les voies A et B de la L.36 sont séparées par d'autres lignes. Ceci complique l'orientation ;
- le changement de voie se déroule en 2 mouvements et peut entraîner le raisonnement erroné qu'après le premier mouvement on circule à contrevoie et qu'après le deuxième on circule à nouveau à voie normale ;
- la configuration du panneau de fin de zone « 9 » immédiatement en aval du dernier aiguillage incite à accélérer alors que les informations du signal de départ s'estompent dans la mémoire à court terme à la suite d'un enchaînement rapide de stimuli d'information émanant de l'infrastructure (IOT, aspect changeant, chevron blanc, passage sur des aiguillages, panneau de fin de zone, panneaux repères d'une ligne…) et du train (horloge, lampes porte, sifflet, appel de l'accompagnateur de train, lampe de mémorisation, acquittement…).

Le conducteur de train ne peut pas s'appuyer sur des habitudes de conduite fixes, et la contradiction entre la réglementation interne et des règles acquises concernant des gestes-métiers à appliquer après un aspect VJH, suivi d'un panneau de fin de zone permet des interprétations individuelles.

Deuxième facteur système

Selon l'hypothèse retenue, **la configuration des voies et des signaux** dans un environnement complexe – à laquelle sont souvent confrontés les conducteurs de train quittant la gare de Louvain au départ de la voie 7 – **rend difficile le décodage intuitif des informations fournies par les signaux présents**.

Facteur système – 3 (apprentissage organisationnel)

Troisième facteur système
Deux passages spécifiques de la réglementation interne de l'entreprise ferroviaire peuvent mener au développement des gestes-métier arbitraires ou à une mauvaise interprétation.

Le choix d'« accélérer ou non au panneau de fin de zone après le passage à un signal VJH » est laissé à l'appréciation des conducteurs de train. On rappelle à juste titre aux conducteurs le danger que représente l'oubli d'une limitation de vitesse, mais aucune mesure efficace n'est mise en place pour réduire ce risque d'oubli.

La définition incomplète du panneau de ligne dans le HLT peut donner lieu à des interprétations erronées. À Louvain, cela mène à l'interprétation incorrecte : « conduite sur la L.36 » au lieu de « conduite vers la L.36 ».

4.4. CONSTATATIONS COMPLÉMENTAIRES

Gestion de la fatigue des conducteurs de train

Les témoignages recueillis dans le cadre de cette enquête de sécurité, notamment confirmés par des témoignages recueillis lors de l'enquête de sécurité sur la collision de Hermalle-sous-Huy en 2016, semblent indiquer que des postes du matin anti-horaire entraînent un niveau de fatigue important à la fin d'une « semaine de travail ». Une simulation FRI-Calculator fournit l'indication que la circulation suivant le régime de postes du matin en rotation anti-horaire provoque un niveau de fatigue accru (constatation 18).

L'utilisation du FRI, telle que recommandée dans le rapport de sécurité Wetteren et auquel il est renvoyé dans le rapport de sécurité Buizingen 2015, doit permettre de mieux comprendre les conséquences de postes en rotation horaire ou anti-horaire sur le niveau de fatigue. Une analyse approfondie semble indiquée en l'occurrence.

Constatation complémentaire 1

L'augmentation potentielle du risque lié à certains aspects du travail en horaires décalés et, plus particulièrement, le système des « postes du matin en rotation anti-horaire » peut donner lieu à un niveau de fatigue supérieur à la moyenne. Le système des postes du matin en rotation antihoraire nécessite une analyse FRA approfondie (Fatigue Risk Analysis).

Sécurité des services de secours et enquêteurs

Après l'accident, toute la circulation des trains à Louvain – côté Bruxelles a été arrêtée. La confirmation que la circulation a été interrompue « sur place » et que les caténaires sont hors tension est constatée dans une procédure écrite par le Leader Infrabel et communiquée au Chef des Opérations. Néanmoins, un train de marchandises circule sur la L.35 le long d'un point RDV où les services de secours traversent les voies (voir constatation 14).

Constatation complémentaire 2

Les canaux de communication entre d'une part le Chef des Opérations et le Leader Infrabel, et d'autre part entre le Chef des Opérations / Leader Infrabel et les différentes disciplines et les autres parties (enquêteurs, parquet, etc.) sont trop vagues et peuvent conduire à des malentendus et à des situations dangereuses.

5. MESURES PRISES

5.1. LE GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURE

Réaction du gestionnaire d'infrastructure sur le rapport de sécurité

Le gestionnaire d'infrastructure confirme les mesures prises suivantes :

- *Le panneau de fin de zone jaune à bord vert avec l'inscription « 9 » sur la voie A ligne 36 (BK 28450) a entre-temps été enlevé. Ce retrait a eu lieu à l'occasion du signalement d'un dépassement de la vitesse autorisée le 19.08.2017.*
  L'Asset Manager d'Infrabel a alors décidé d'enlever à la demande pressante de la SNCB le panneau de fin de zone. La SNCB estimait que le retrait de ce panneau serait bénéfique à la manière de conduire de ses conducteurs. Infrabel souhaitait répondre à cette demande de son client.
- *Infrabel veut aider les entreprises ferroviaires à avoir le contrôle sur les dépassements de la vitesse autorisée et garantir ainsi l'intégrité de son réseau ferroviaire.*
  Dans cette optique, Infrabel étudie les possibilités pour détecter les endroits du réseau susceptibles d'être parcourus trop vite. Il sera ensuite vérifié s'il est possible à ces endroits de lancer un processus de suivi systématique.
  Infrabel abordera au sein des organes de concertation existants (à l'échelle sectorielle et/ou bilatérale) les résultats des analyses de vitesse susmentionnées avec les EF.
- *Infrabel organise des séances d'information pour les services de secours concernant les risques en cas d'interventions sur l'infrastructure ferroviaire. Dans ce contexte, l'accent est systématiquement mis sur l'appel à Traffic Control et au Leader Infrabel. Ce sont les 2 instances qui peuvent fournir des renseignements et des informations concernant l'accès « sécurisé » aux voies et d'autres risques ferroviaires.*
  Outre les séances d'information permanentes, une campagne d'information et de sensibilisation spécifique sera développée à l'échelle nationale pour les services de police (Police fédérale, Police des Chemins de fer, Police locale…).
- *Infrabel lance une étude de faisabilité pour mettre en place dès le début d'un incident un périmètre réflexe étendu dans lequel la circulation est bloquée. Une fois la situation sur place sous contrôle, ce périmètre réflexe peut être adapté.*
- *Infrabel étudie les possibilités pour pouvoir affirmer avec certitude que toutes les personnes accédant aux voies après un incident sont au courant du périmètre mis en place dans lequel la circulation a été bloquée.*
- *Infrabel sensibilise ses collaborateurs qui peuvent assumer le rôle de Leader Infrabel à consacrer une attention particulière à la communication avec les services de secours en lien avec l'indication des lieux où la circulation des trains a été bloquée d'une part et est encore possible d'autre part.*

Infrabel confirme également :

- *« Dans ce contexte, nous voulons renvoyer à l'une des mesures prises, à savoir le fait qu'Infrabel examine s'il est possible de détecter des endroits du réseau susceptibles d'être parcourus trop vite. Nous voulons également renvoyer au fait que l'infrastructure à Louvain a entre-temps été équipée d'ETCS. Cela signifie qu'un train également équipé d'ETCS ne peut plus circuler à une vitesse trop élevée sur les aiguillages en question. »*
- Concernant le panneau de fin de zone
  Dans cette optique, le panneau vert avec l'inscription « 9 » sur la voie A ligne 36 (BK 28450) a entre-temps été enlevé. Ce retrait s'inscrit donc dans les mesures prises.
  Par ailleurs, nous pouvons renvoyer au fait qu'Infrabel étudie les possibilités pour détecter les endroits du réseau susceptibles d'être parcourus trop vite.

- Concernant la situation du déploiement ETCS en date du 18/12/2017

Situation en date du 18/12/2017

	En service	Fin Plan directeur	Degré de réalisation
ETCS1 FS	1.321	2.313	57%
ETCS2	0	2.359	0%
ETCS1 LS	0	1.558	0%
ETCS1+2	142	142	100%
Total	1.463	6.372	23%

Km voie principale (key figures 2016)	6.511 km
Km ETCS en service	1.463 km
Pourcentage voie principale équipée d'ETCS	22%

- Concernant les constatations complémentaires :
  Ici aussi, nous voulons renvoyer aux mesures prises :
  - *Infrabel organise des séances d'information pour les services de secours concernant les risques en cas d'interventions sur l'infrastructure ferroviaire. Dans ce contexte, l'accent est systématiquement mis sur l'appel à Traffic Control et au Leader Infrabel. Ce sont les 2 instances qui peuvent fournir des renseignements et des informations concernant l'accès « sécurisé » aux voies et d'autres risques ferroviaires.*
    Outre les séances d'information permanentes, une campagne d'information et de sensibilisation spécifique sera développée à l'échelle nationale pour les services de police (Police fédérale, Police des Chemins de fer, Police locale…).
  - *Infrabel lance une étude de faisabilité pour mettre en place dès le début d'un incident un périmètre réflexe étendu dans lequel la circulation est bloquée. Une fois la situation sur place sous contrôle, ce périmètre réflexe peut être adapté.*
  - *Infrabel étudie les possibilités pour pouvoir affirmer avec certitude que toutes les personnes accédant aux voies après un incident sont au courant du périmètre mis en place dans lequel la circulation a été bloquée.*
    Les 2 dernières mesures susmentionnées peuvent être considérées comme faisant partie d'un LMRA.

5.2. L'ENTREPRISE FERROVIAIRE

La SNCB confirme les données suivantes concernant le déploiement d'ETCS :
« Fin 2017, 41 % du matériel roulant était équipé d'ETCS (les Desiro, loc de type 18/19 et remorques à cabine de conduite M6 sont désormais 100 % équipées). Le planning prévoit que 100 % du matériel roulant sera équipé d'ici 2023. »

La SNCB réagit par ailleurs comme suit à la recommandation 4 Buizingen 2015 :
« Le suivi est organisé comme suit
A. Contrôles de niveau 1 :
Des contrôles de niveau 1 sont menés à l'initiative du centre d'analyse (échantillons).
Ces contrôles concernent exclusivement :

- *Freinage d'urgence par intervention de l'équipement de sécurité :*
  - *TBL1+(+);*
  - *ETCS;*
  - *TBL2.*
- *Pointages tardifs (vigilance du conducteur) :*
  - *Avec freinage d'urgence (VES);*
  - *Sans freinage d'urgence.*

Vitesse maximale autorisée du convoi

- *Dans la mesure du possible, des contrôles de niveau I sont menés quant au respect de la vitesse de la ligne sur une distance limitée*

En 2017, le centre d'analyse a mené 9187 contrôles de niveau 1, soit une valeur moyenne d'environ 38% de train/km parcourus.
1. Contrôles de niveau 2:
Ceux-ci sont menés sur demande (Chef direct, Infrabel…) et concernent une prestation / un parcours spécifique.
Le parcours demandé est vérifié intégralement et en détail
2. Automatisation de l'analyse
Depuis fin 2016, le projet AMELIE (Automated Monitoring Expert-system to Log Infraction Driving) est lancé.
Cette application a pour objectif d'augmenter aussi bien la quantité que la qualité des contrôles de données de parcours. Par ex. : contrôler si la vitesse autorisée sur place a été respectée.
3. Problématique de l'aspect VJH :

- *L'aspect exact peut uniquement être détecté en cas de matériel équipé d'un appareil d'enregistrement + logiciel correspondant capable de traiter ces informations d'une eurobalise. (Un exemple en est le MR08). Dans le cadre des contrôles de niveau 1, aucune détection de VJH n'est prévue (niveau de détail trop élevé). En ce qui concerne les contrôles de niveau 2, l'aspect VJH est bel et bien détecté (niveau de détail supérieur).*
- *Pour des signaux uniquement équipés de crocodile, ce n'est de toute façon pas possible (pas même pour MR08). »*

6. RECOMMANDATIONS

Les recommandations en matière de sécurité formulées par l'Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires s'adressent aux parties concernées. Elles visent à améliorer ou maintenir la sécurité ferroviaire.

Les recommandations en matière de sécurité formulées par l'Organisme d'Enquête ne visent nullement à désigner des responsables ou des coupables. Elles ne peuvent donc être utilisées dans ce sens.

Les recommandations sont classées en 3 catégories :

- Recommandations liées aux causes de l'événement
  - causes directes ou immédiates
  - causes indirectes ou sous-jacentes
  - facteurs aggravants
- Recommandations relatives aux conséquences d'un événement
  Après la mise en œuvre des améliorations suite aux recommandations formulées, les conséquences d'un événement se produisant dans des circonstances similaires devraient selon toute vraisemblance être beaucoup moins lourdes.
- Recommandations concernant d'autres constatations
  Ces constatations sont faites pendant l'enquête, mais n'ont aucun lien avec l'événement qui fait l'objet de l'enquête.

Le destinataire d'une recommandation est l'autorité de contrôle qui a des compétences sur certains acteurs. Pour le secteur ferroviaire, le destinataire est l'autorité nationale de sécurité, à savoir le SSICF. Lorsque les circonstances l'exigent (par exemple lorsque les acteurs concernés n'appartiennent pas au secteur ferroviaire), le destinataire est une autre autorité nationale ou internationale de contrôle.

Suite aux recommandations formulées, des solutions (mesures, actions d'amélioration, innovations...) sont élaborées par les parties concernées.

Le suivi de la mise en œuvre de ces solutions en rapport avec la recommandation formulée relève de la compétence du destinataire (pour le secteur ferroviaire, le SSICF).

Si des mesures efficaces visant à améliorer la sécurité ont déjà été prises durant l'enquête, aucune recommandation ne doit être formulée et il suffit de mentionner les mesures prises dans le rapport.

Lorsque des recommandations coïncident avec des recommandations précédemment formulées dans des rapports de sécurité antérieurs, ces recommandations ne sont pas nécessairement répétées, mais l'Organisme d'Enquête peut y faire référence.

Facteur indirect – 1

Premier facteur indirect

Selon l'hypothèse retenue, le premier facteur indirect est le traitement incorrect des informations (commandes) données par la signalisation concernant les limitations de vitesse à respecter, ayant permis **une représentation mentale erronée (biais d'ordre cognitif)**[57].

Le jour de l'accident, une combinaison de différents facteurs a occasionné chez le conducteur une représentation mentale erronée, qui s'est maintenue par la suite :

- un environnement complexe sans marques d'identification claires ;
- le caractère ambigu du panneau de fin de zone « 9 », qui permet une augmentation de la vitesse alors que le signal en amont du panneau de fin de zone impose une limitation de la vitesse à 40 km/h au pied du signal en aval du panneau de fin de zone (règlement HLT) ;
- le caractère ambigu des panneaux de ligne de la L.36, placés en aval de la voie 7 ;
- la définition incomplète dans le HLT du panneau de ligne de la L.36 ;
- la combinaison – pour le conducteur de train – de la connaissance passive de la ligne pour le départ de la voie 7 et du développement insuffisant des habitudes de conduite fixes, d'une part, et de la quantité d'informations à traiter pendant et peu après le départ de la voie 7, d'autre part.

Ces facteurs occasionnent chez le conducteur une représentation mentale pouvant laisser croire au conducteur qu'il roule en voie normale sur la L.36 alors qu'il est dirigé vers la L.36 en contrevoie.

Recommandation 1 – Facteur indirect 1

L'Organisme d'Enquête recommande au gestionnaire d'infrastructure et à l'entreprise ferroviaire de vérifier si des constatations similaires peuvent avoir une influence sur leur fonctionnement à d'autres endroits et, si c'était le cas, d'établir des plans d'action appropriés à cet effet.

57 *Voir annexe 1 pour des explications sur le biais d'ordre cognitif.*

Facteur indirect – 2 (design)

Deuxième facteur indirect
Selon l'hypothèse retenue, le deuxième facteur indirect est celui-ci : le conducteur – malgré les informations fournies – ne parvient pas à corriger la représentation mentale erronée en raison de la saillance physique et cognitive insuffisante de la lampe de mémorisation allumée dans sa cabine de conduite et du signal (des panneaux complémentaires du signal) EZ-H.9.

Les signaux que le conducteur perçoit pendant et après son départ et l'appareillage de la cabine de conduite sont conformes aux spécifications techniques. Pour le conducteur, cependant, la saillance cognitive et physique[58] de la lampe de mémorisation LGLJM de TBL1+ (dans la cabine de conduite) et des panneaux complémentaires du signal EZ-H.9 (dans le présent contexte temporel et spatial) est trop faible pour faire revenir l'information refoulée ou pour corriger la représentation mentale erronée..

Cette constatation coïncide avec des constatations faites dans les enquêtes de sécurité de Buizingen (2010) et Wetteren (2013).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

58 *Par saillance physique visuelle on entend dans ce cas : la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention). La saillance physique n'a aucun lien avec des aspects techniques comme la luminosité ou les contrastes de couleur des objets (lampes, signaux, etc).*

Facteur indirect - 3 (design)

Troisième facteur indirect
Selon l'hypothèse retenue, le troisième facteur indirect est l'absence d'un système de récupération efficace.

Le système d'aide à la conduite TBL1++ n'est pas conçu pour contrôler la vitesse des trains lors du franchissement d'un signal présentant le VJH : cette fonction est automatiquement désactivée lors du franchissement d'un signal Vert Jaune Horizontal. En conséquence, le système d'aide à la conduite ne peut plus intervenir lorsque la limitation de vitesse imposée n'est pas respectée.

Cette constatation coïncide avec des constatations faites dans les enquêtes de sécurité de Wetteren (2013) et Buizingen (2015).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

Facteur système – 1 (surveillance)

Premier facteur système
L'entreprise ferroviaire n'identifie pas assez le risque de ne pas procéder (suffisamment tôt) à la réduction de vitesse imposée après la réception d'un signal VJH, ni le caractère récurrent d'incidents qui laissent supposer que certains conducteurs de train n'acquièrent pas systématiquement les automatismes de conduite qu'on attend d'eux.

Le fait de ne pas respecter à temps une réduction de vitesse peut être le résultat d'habitudes de conduite incorrectes, d'une tendance à la distraction ou autre, ce qui doit être considéré comme l'un des signes précurseurs d'un accident.

Cette constatation coïncide avec une constatation faite dans l'enquête de sécurité de Buizingen (2015).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

Facteur système – 2 (apprentissage organisationnel)

Deuxième facteur système
Selon l'hypothèse retenue, seul un nombre limité d'incidents sont mesurés et les analyses de ces incidents n'ont pas donné lieu à une identification complète du problème.

La configuration des voies et des signaux dans un environnement complexe – à laquelle sont souvent confrontés les conducteurs de train quittant la gare de Louvain au départ de la voie 7 – rend difficile le décodage intuitif des informations fournies par les signaux présents. Par le passé, cela a contribué à une représentation mentale erronée chez plusieurs conducteurs à Louvain et à mener à des situations dangereuses présentant des analogies avec l'accident étudié.

Cette constatation coïncide avec une constatation similaire faite dans l'enquête de sécurité de Buizingen (2015).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

Facteur système – 3 (apprentissage organisationnel)

Troisième facteur système
Deux passages spécifiques de la réglementation interne de l'entreprise ferroviaire peuvent mener au développement des gestes-métier arbitraires ou à une mauvaise interprétation.

Le choix d'« accélérer ou non au panneau de fin de zone après le passage à un signal VJH » est laissé à l'appréciation des conducteurs de train. On rappelle à juste titre aux conducteurs le danger que représente l'oubli d'une limitation de vitesse, mais aucune mesure efficace n'est mise en place pour réduire ce risque d'oubli.

La définition incomplète du panneau de ligne dans le HLT peut donner lieu à des interprétations erronées. À Louvain, cela mène à l'interprétation incorrecte : « conduite sur la L.36 » au lieu de « conduite vers la L.36 ».

Recommandation 2 – Facteur système – 3
L'Organisme d'Enquête recommande au gestionnaire d'infrastructure et à l'entreprise ferroviaire de vérifier que le secteur évalue la réglementation relative à l'accélération aux panneaux de fin de zone et relative à la définition des panneaux de ligne.

Constatation complémentaire 1

Première constatation complémentaire
L'augmentation potentielle du risque lié à certains aspects du travail en horaires décalés et, plus particulièrement, le système des « postes du matin en rotation anti-horaire » peut donner lieu à un niveau de fatigue supérieur à la moyenne.

Cette constatation coïncide avec une constatation faite dans l'enquête de sécurité de Buizingen (2015).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

Constatation complémentaire 2

Deuxième constatation complémentaire
Les canaux de communication entre d'une part le Chef des Opérations et le Leader Infrabel, et d'autre part entre le Chef des Opérations / Leader Infrabel et les différentes disciplines (Police des Chemins de fer) et les autres parties (enquêteurs, parquet, etc.) sont trop vagues et peuvent conduire à des malentendus et à des situations dangereuses.

Cette constatation coïncide avec une constatation faite dans l'enquête de sécurité de Wetteren (2013).

Cette constatation coïncide avec la constatation faite dans une enquête de sécurité antérieure. L'Organisme d'Enquête renvoie par conséquent à la recommandation de sécurité précédemment formulée.

7. ANNEXES

Annexe 1: Biais d'ordre cognitif

Un **biais d'ordre cognitif** désigne un processus de pensée irrationnel et erroné. Les personnes ne décident pas comme des acteurs rationnels, mais commettent des erreurs systématiques prévisibles : des « biais ».

Le concept de « biais d'ordre cognitif » est défini par Amos Tversky et Daniel Kahneman (1972) : ils ont expliqué des biais en termes d'heuristiques. Des heuristiques sont des modes de traitement rapides d'informations dans le cerveau qui provoquent des erreurs systématiques prévisibles.

Voici des exemples de processus créant des biais :

- heuristiques, comme l'utilisation de moyens mnémotechniques ;
- capacité de traitement limitée : par exemple, des informations insuffisantes en raison de la complexité ;
- influence sociale : l'impact de l'influence ou l'appréciation par d'autres personnes, par exemple par conformisme ;
- non-pertinence : par exemple, uniquement motivé en termes de préférence affective ou moraliste ;
- bruit mental : perturbations de la communication aussi bien interne qu'externe, intentionnellement ou non intentionnellement.

Dans la littérature, environ 175 biais sont décrits. Ces biais sont par exemple classés en biais mnésiques, sociaux, de prise de décision et de comportement ainsi que de probabilité et de conviction. Récemment, John Manoogian a établi un classement en 4 catégories dans un « Cognitive Bias Codex ».

Annexe 2: Saillance

Pour une brève définition du concept de « saillance », voir : « Saillance physique et saillance cognitive », Frédéric Landragin, Corela 2-2 2004, Vol. 2, n° 2.

La saillance visuelle peut avoir trait à la nature physique d'un objet ou de facteurs cognitifs. Dans le présent rapport de sécurité, on entend par « saillance » la « saillance cognitive visuelle ».

Saillance physique et cognitive :

- a par exemple un lien avec la luminosité ou les contrastes de couleurs des objets (lumières, signaux…) ;
- peut également avoir trait à la mesure dans laquelle un objet contraste par sa position parmi d'autres objets ;
- peut également être liée à la cohésion et la structuration de la scène (le placement d'un signal à un endroit stratégique qui, en raison de sa mise en scène dans un environnement monotone, focalise toute l'attention).

Saillance cognitive visuelle :

Les aspects cognitifs de la saillance visuelle ont trait aux facteurs d'intention, d'attention, de mémoire ou d'émotions :

- le facteur d'intention signifie qu'une intention peut influencer une perception (schéma d'attente) ;
- le facteur d'attention a un lien avec la focalisation sur une partie d'image, faisant ainsi primer celle-ci ;
- le facteur de mémoire à court terme a trait à la limitation de notre mémoire pour retenir 4 à 5 éléments ;
- le facteur de mémoire à long terme a trait au degré de familiarisation avec un environnement, certains aspects frappant davantage ;
- des perceptions visuelles de stimuli peuvent susciter des émotions qui captent toute l'attention.

Annexe 3 Avis n° 3 M – Janvier 1978

Livret HLT-2VIII
Page 14
10 SUCCESSION D'INDICATIONS DE VITESSE
Une mission de réduction de vitesse peut être imposée par :

a) un triangle jaune ;
b) un signal présentant 2 lumières jaunes ;
c) un signal présentant une lumière jaune et verte à l'horizontale ;
d) un signal présentant une lumière jaune et verte à la verticale.

} *Voir chapitre IY art.2.*

Il est possible que l'on rencontre un triangle de vitesse en aval d'un signal, mentionné aux points b, c et d ci-dessus.

L'indication de vitesse d'un tel triangle n'a aucun sens si ce triangle indique une vitesse contraire à la mission reçue en amont.

Cette mission ne prend fin respectivement qu'aux endroits suivants :
a) au triangle de reprise de vitesse qui se trouve en aval de l'origine du triangle jaune ;
b) au signal suivant qui s'ouvre sans quelconque limitation ;
c) en aval de la zone de vitesse limitée couverte par un signal d'arrêt qui suit le signal, présentant l'aspect vert et jaune à l'horizontale ;
d) à un prochain signal d'arrêt ouvert, n'imposant aucune nouvelle limitation de vitesse.

Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires
http://www.mobilit.belgium.be