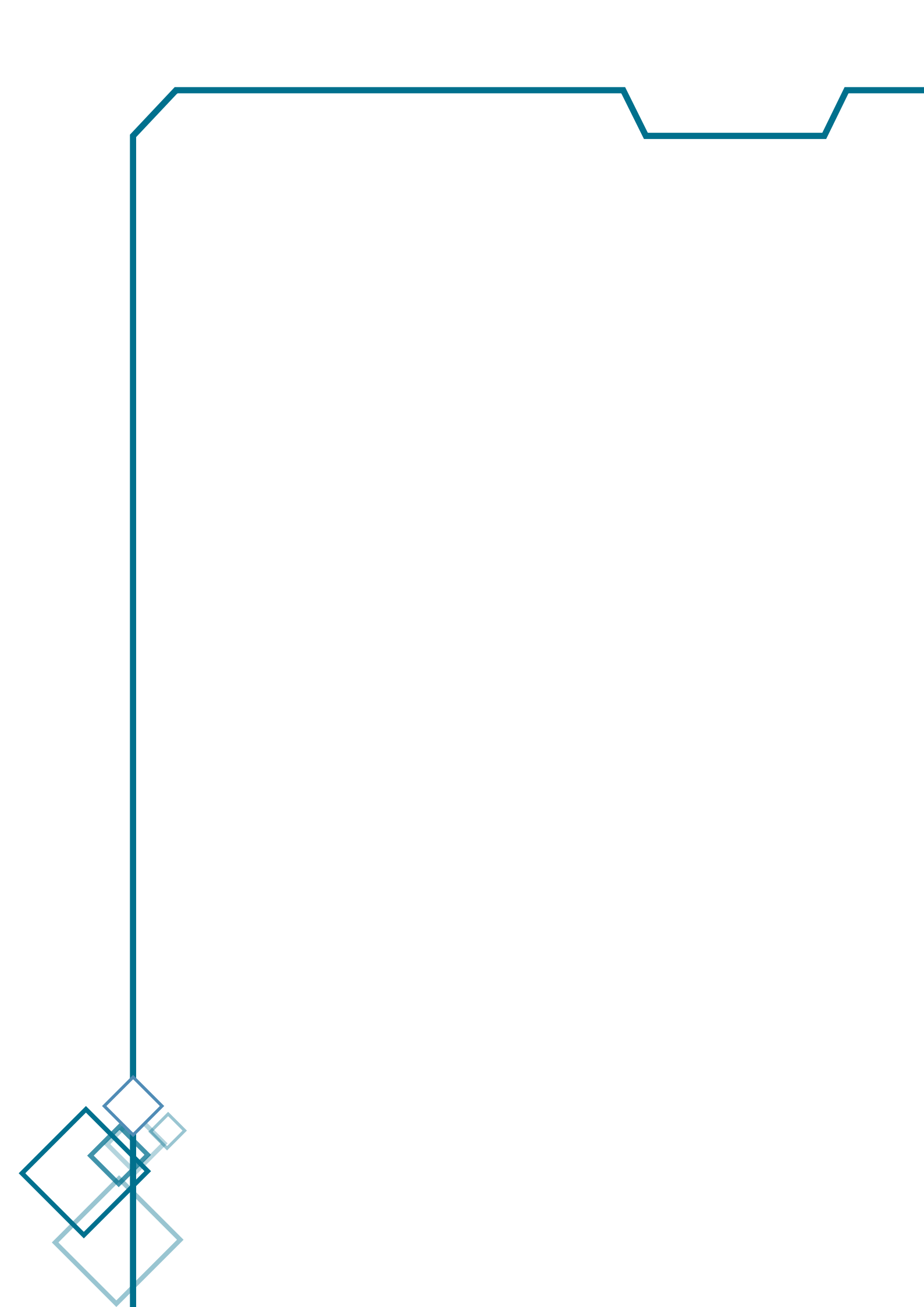



RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ

DÉRAILLEMENT D'UN TRAIN DE VOYAGEURS SURVENU LE 28 JANVIER 2011 À PEPINSTER







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.

TABLE DES MATIÈRES

1. RESUME	6
2. LES FAITS IMMEDIATS	10
2.1. L'événement	10
2.1.1. Description de l'événement	10
2.1.2. Description du site	10
2.1.3. Les services de secours	11
2.1.4. La décision d'ouvrir une enquête	11
2.1.5. Composition de l'équipe	12
2.1.6. Conduite de l'enquête	13
2.2. Les circonstances de l'événement	14
2.2.1. Entreprises et personnels concernés	14
2.2.2. Composition des trains	16
2.2.3. Description de l'infrastructure et du système de signalisation	19
2.2.4. Travail réalisé sur le site ou à proximité du site de l'accident	22
2.2.5. Déclenchement du plan d'urgence ferroviaire et sa chaîne d'événements	23
2.2.6. Déclenchement du plan d'urgence des services publics de secours, de la police et des services médicaux et sa chaîne d'événements	23
2.3. Pertes humaines, blessés et dommages matériels	24
2.3.1. Passagers et tiers, personnel, y compris les contractants	24
2.3.2. Fret, bagages et autres biens	24
2.3.3. Matériel roulant, infrastructure et environnement	24
2.4. Circonstances externes	26
2.4.1. Conditions météorologiques	26
2.4.2. Références géographiques	26
3. COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS ET ENQUÊTES	28
3.1. Résumé des témoignages	28
3.2. Système de gestion de la sécurité	29
3.2.1. Système de gestion de la sécurité SNCB	30
3.3. La réglementation en vigueur	34
3.3.1. Règles et réglementation publique communautaire et nationale applicables aux matériel roulant	34
3.3.2. Règles et réglementation publique communautaire et nationale applicables aux conducteurs	37
3.3.3. Autres Règles, telles que les règles d'exploitation, les instructions locales, les exigences applicable au personnel, les prescriptions d'entretien et les normes applicables	40
3.4. Fonctionnement du matériel roulant et des installations techniques	43
3.4.1. Système de signalisation et de contrôle-commande, y compris les enregistrements des enregistreurs automatiques de données	43
3.4.2. Le matériel roulant	60
3.5. Documentation du système opératoire	75
3.5.1. mesures prises par le personnel pour le contrôle du trafic et la signalisation	75
3.5.2. échange de messages verbaux en relation avec l'événement, y compris la documentation provenant des enregistrements	75
3.5.3. mesures prises pour protéger et sauvegarder le site de l'événement	75

3.6.	Interface homme-machine-organisation	76
3.6.1.	Temps de travail du personnel impliqué	76
3.6.2.	Circonstances médicales et personnelles ayant influencé l'événement, y compris l'existence de stress physique ou psychologique	76
3.6.3.	Conception des équipements ayant un impact sur l'interface homme-machine	77
3.6.4.	Reconstitution de l'accident	79
3.7.	Événements antérieurs de nature comparable	80
3.7.1.	Amsterdam Centraal	80
3.7.2.	Stuttgart	80
4.	ANALYSE ET CONCLUSIONS	82
4.1.	Compte rendu final de la chaîne d'événements	82
4.2.	Discussion	84
4.2.1.	La ligne de temps	84
4.2.2.	Identification des principes de sécurité associés à la situation opérationnelle	85
4.2.3.	Analyse du fonctionnement et des dysfonctionnements des principes de maîtrise	86
4.2.4.	Analyse du fonctionnement et des dysfonctionnements des principes de récupération	91
4.2.5.	Analyse du fonctionnement et des dysfonctionnements des principes de mitigation	91
4.3.	Analyse du système de gestion de la sécurité	92
4.3.1.	Formation et réglementation	92
4.3.2.	Ergonomie	92
4.3.3.	La supervision des conducteurs	92
4.3.4.	Appréciation des risques liés à l'utilisation de bagues d'écartement	93
4.3.5.	Autres	93
4.4.	Conclusion	96
5.	MESURES PRISES	98
5.1.	Le gestionnaire de l'infrastructure	98
5.2.	L'entreprise ferroviaire	98
6.	RECOMMANDATIONS	100

1. RÉSUMÉ

Le vendredi 28 janvier, le train de voyageur Oostende - Eupen (E507) quitte la gare de Liège-Guillemins en direction d'Eupen. Le train E507, composé de 12 voitures et poussé par une locomotive de type 13, emprunte la voie A de la ligne 37 et est attendu à Verviers-Central à 10h25.

Sur le parcours et suite à des travaux dans les tunnels entre Olne et Pepinster, le train E507 est dirigé en contrevoie (voie B). Passé cette zone de travaux, le conducteur rencontre un signal avertisseur présentant le vert jaune horizontal: ce signal indique qu'une restriction de vitesse est imposée au signal suivant. Il entame un freinage.

Le signal suivant est ouvert (vert) et présente :

- un écran complémentaire inférieur avec l'indication 4 : la vitesse de 40km/h doit être respectée à partir du premier aiguillage rencontré,
- un écran complémentaire supérieur avec un chevron, indiquant au conducteur un changement de régime : le train passe de la contre voie à la voie normale.

A hauteur du signal, le conducteur du train E507 constate que la vitesse de son train est de 33 km/h. Celle-ci continuera à décroître lors du passage sur les aiguillages.

Trois secondes après avoir passé le signal, il accélère pour conserver une certaine vitesse.

Selon notre analyse, lors de l'accélération du train, le mouvement poussé a créé d'importantes forces latérales, suffisantes pour provoquer un soulèvement des roues de la voiture. Le soulèvement de la roue provoque une perte de guidage des rails et le véhicule non guidé dévie de sa trajectoire, entraînant un premier déraillement et provoquant un début de mariage de butoirs entre les voitures en position 10 et en position 11. L'insuffisance de dévers, le mouvement de balancement et la différence de porte-à-faux (voiture de type différent) s'ajoutent et ont probablement contribué à la disparition partielle voire totale de la surface de contact entre les plateaux de butoir.

L'aiguille fermée de l'aiguillage, les éclisses aidant, oblige les roues déraillées à remonter sur la voie. Survient un second déraillement de la voiture 11, suivi d'un autre mariage de butoirs qui empêche probablement la mise en ciseau de la voiture. La voiture sort du gabarit de la voie A et prend en écharpe la voiture de tête du train E5280 qui est à l'arrêt sur la voie B.

Le choc est violent. La collision arrête brutalement les 2 dernières voitures ainsi que la locomotive du train E507. L'attelage entre les voitures 10 et 11 se décroche, le câble d'alimentation est arraché et la conduite générale est déconnectée : un freinage d'urgence est enclenché.

Les 10 premières voitures se détachent de l'arrière du train laissant un vide de 50 mètres entre les 2 parties du train. La collision endommage sérieusement la cabine du conducteur de l'automotrice à l'arrêt : le conducteur est blessé légèrement. Neuf passagers sont transportés pour examen à l'hôpital de Verviers et quittent l'hôpital le jour même. L'accident a causé des dommages au matériel roulant et à l'infrastructure ainsi que des retards sur le réseau ferroviaire.

La vérification de la voie et des aiguillages a permis de distinguer clairement les conséquences du déraillement mais n'a pas permis de pointer de défauts qui auraient pu mener au déraillement, voire y contribuer.

Selon les normes UIC, pour une courbe et une contrecourbe de même rayon et un écartement de voie de 1440 à 1450 mm, aucun alignement intermédiaire entre la courbe et la contrecourbe n'est nécessaire quand les rayons sont supérieurs à 200 mètres.

Les conditions d'implantation de la voie dans le cas présent sont proches de ces limites mais sont conformes aux normes UIC.

Le gestionnaire a bien identifié le risque d'un déraillement dû à une vitesse excessive dans cette situation (les aiguillages formant une courbe en S): il impose une limitation de la vitesse à 40 km/h pour permettre le passage sur les aiguillages.

Les inspections du matériel roulant et les vérifications de documents ont mené aux constatations suivantes : les plateaux de tampons, les roues et les boudins sont conformes aux normes UIC.

Le système d'enregistrement à bord d'un train permet d'enregistrer des informations telles que la vitesse du train, mais aussi des commandes à la traction. Le système n'enregistre pas les vitesses de façon continue mais par palier donnant une certaine marge d'erreur.

L'accélération et la vitesse ne sont pas mesurées directement mais calculées à partir de données temporelles (horloge) et d'une moyenne sur le comptage du nombre de tours de roue (distance parcourue). Les données ne sont enregistrées que lorsqu'il y a une variation de la vitesse de 5%. Suite à l'analyse des enregistrements, la vitesse du train dans les aiguillages est estimée à 42 km/h au lieu de 40 km/h.

Les attelages reliant les voitures en position 9, 10 et 11 ne sont pas serrés correctement : l'attelage de la voiture en position 10 est trop serré à l'avant et insuffisamment serré à l'arrière.

Tous les autres attelages sont exécutés conformément aux consignes SNCB.

Un attelage desserré augmente le risque de rupture d'attelage et est probablement une cause aggravante du déraillement dans la mesure où cet attelage ne compenserait pas entièrement les forces exercées lors de l'accélération.

Un attelage trop serré augmente la rigidité de l'attelage par la compression de plateaux de butoir: il peut être non seulement cause d'inconfort pour les voyageurs ou d'usure accélérée des plateaux de butoirs, mais de plus, il ne permet pas de compenser correctement des chocs.

Les risques liés à une mauvaise exécution d'un serrage d'attelage sont identifiés par la SNCB. Des bagues de limitation sont prescrites par la SNCB pour éviter un serrage excessif. Cependant, la norme UIC pour les voitures utilisées sur le réseau international ne prévoit pas l'utilisation de ces bagues d'écartement.

Le jour de l'accident, elles n'ont pas été utilisées pour le serrage des attelages reliant les voitures 9 et 10. De nouvelles instructions de la SNCB décrivent la méthodologie pour placer les bagues d'écartement mais ne prévoient pas d'en contrôler la présence sur les véhicules. Les voitures sont utilisées à la fois sur le réseau belge et sur le réseau international.

Cette double réglementation ne facilite pas la gestion par l'entreprise ferroviaire.

Les amortisseurs «antilacets» sur la voiture en position 10 n'avaient pas été montés correctement : c'est une des voitures transformées dans les ateliers de la SNCB pour permettre une circulation à vitesse plus élevée. Des essais des amortisseurs ainsi qu'une simulation graphique ont permis de conclure que les amortisseurs fonctionnaient correctement et n'ont pas joué un rôle dans le déraillement.

Actuellement, une vérification par un organisme indépendant ou par le système de qualité interne de l'entreprise ferroviaire permet de vérifier la présence et l'uniformité des instructions de montage de ces amortisseurs, en fonction du module applicable et tel que défini dans les Spécifications Techniques d'Interopérabilité.

Une fois les voitures déraillées, les barrières de récupération sont quasi nulles : rien ne permet au conducteur de se rendre compte qu'une voiture est déraillée afin de lui permettre d'entamer un freinage.

L'enquête n'a pas pu déterminer si la présence du panneau de vitesse de référence de la ligne a joué un rôle. Ce panneau marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de 120km/h. Un mouvement ne peut relever sa vitesse que si le dernier véhicule a dépassé le panneau. Afin de s'en assurer, le conducteur compte le nombre de poteaux caténaires avant d'entamer l'accélération. Le risque d'erreur lié à cette procédure est important.

La formation des conducteurs insiste sur tous les aspects règlementaires, le respect des limitations de vitesse n'y fait pas exception. Les informations concernant la gestion de l'accélération pour atteindre la vitesse restent limitées. L'accélération est considérée comme geste de métier que tout conducteur de train doit connaître et qui fait partie des connaissances du matériel.

Les bandes d'enregistrement des trains sont régulièrement contrôlées au point de vue des dépassements des vitesses de référence en fonction de la ligne par la SNCB mais les enregistrements ne permettent pas un contrôle direct des habitudes des conducteurs sur les accélérations et sur la reprise de vitesse en fonction du panneau de vitesse de référence.

L'entreprise ferroviaire n'effectue pas ce type de contrôle.

Le cas de Pepinster n'est pas un cas unique, nous avons identifié des cas relativement similaires aux Pays-Bas et en Allemagne : déraillement de trains en mouvement poussé roulant à vitesse réduite, inférieure à 40 km/h, lors du passage sur 2 aiguillages formant une courbe et contre-courbe à rayon réduit.

L'organisme d'enquête a formulé trois recommandations dont le besoin de prendre des mesures pour pallier aux risques de déraillement lors d'une l'accélération en courbe (dans des aiguillages).



2. LES FAITS IMMEDIATS

2.1. L'EVENEMENT

2.1.1. DESCRIPTION DE L'EVENEMENT

Le vendredi 28 janvier vers 10h29, en sortie de gare de Pepinster en direction de Verviers, une prise en écharpe entre deux trains de l'entreprise ferroviaire SNCB a lieu sur la ligne 37 entre les bornes kilométriques 120 et 121.

A 10h23, le train E5280 Verviers-Central – Liège-Palais, circulant sur la voie B, est arrêté devant le signal K-I.53, 300 m avant l'entrée de la gare de Pepinster, attendant le passage du train E507.

Après un arrêt prévu, le train E507 Oostende - Eupen quitte la gare de Liège à 10h19 avec 11 minutes de retard et emprunte la voie A de la ligne 37 direction Verviers-Central où il est attendu à 10h25.

Le train E507 est composé de 12 voitures et est poussé par la locomotive 1350.

Suite à des travaux entre Liège et Pepinster, le train E507 est dirigé vers la voie B où il roule à contre-voie. Après les travaux, en sortie de gare de Pepinster, le train E507 passe sur les aiguillages 02A1/03I et 02B1 qui le redirigent de la voie B à la voie A.

A 10h28m59s le train E507 déraile au niveau de l'aiguillage 02B1, à la cumulée kilométrique 120.535.

Le déraillement a pour conséquence que l'avant-dernière voiture sort du gabarit de la voie et prend en écharpe l'automotrice du train E5280 à l'arrêt devant le signal K-I.53.

2.1.2. DESCRIPTION DU SITE

L'accident a lieu sur la ligne L37 Liège-Guillemins - Hergenrath (D) en sortie de gare de Pepinster, direction Verviers.

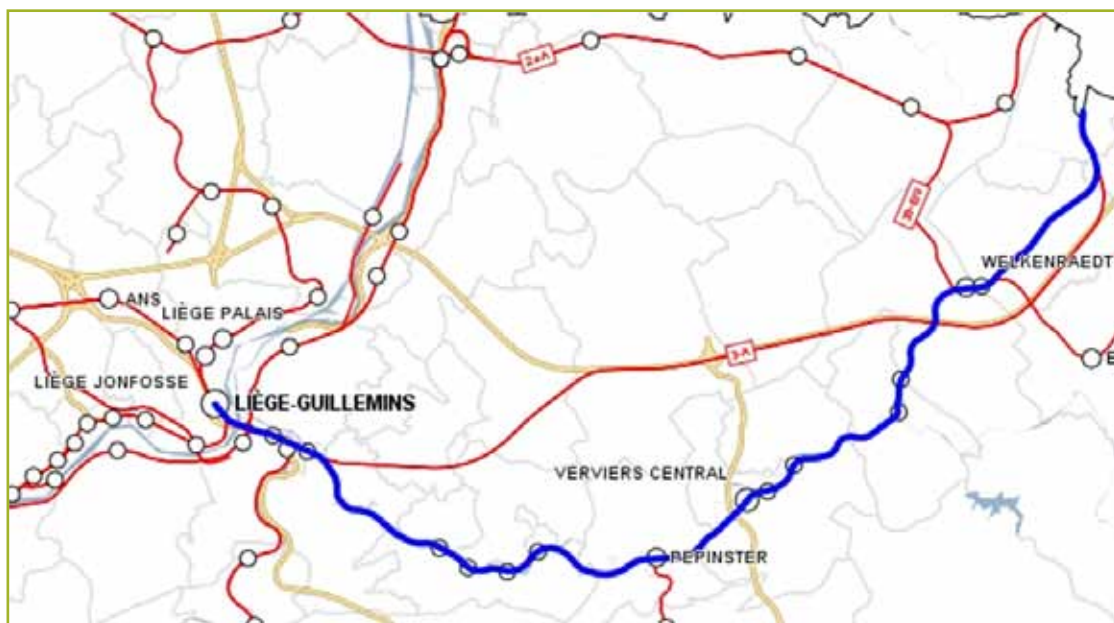


Figure 1 : Ligne 37

Les événements se déroulent à la hauteur de la jonction entre la ligne 37 et la ligne 44 via les aiguillages 02BI, à la cumulée 120.535.

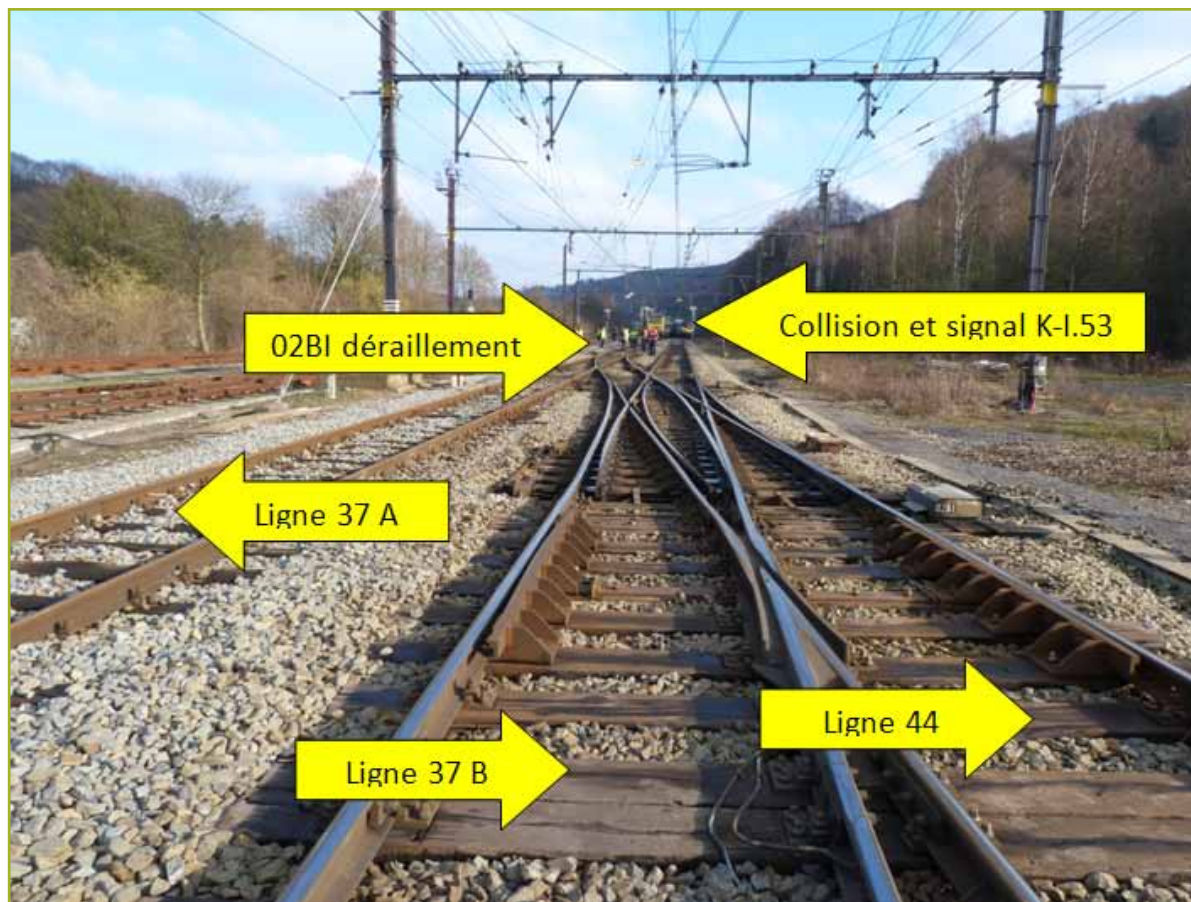


Photo 2.1.2. : la voiture en tête du train E507, avec poste de conduite, type I11BDX

2.1.3. LES SERVICES DE SECOURS

Les services de secours sont sur place à 10h32, quelques minutes après l'accident. L'intervention reste limitée à l'évacuation des passagers vers la gare de Pepinster. 9 passagers et le conducteur de l'AM 373 sont conduits à l'hôpital pour examen.

Au départ des pompiers à 11h, la police assure la sécurisation.

Le plan d'urgence communal, dit «plan blanc» n'a pas été déclenché.

2.1.4. LA DÉCISION D'OUVRIR UNE ENQUÊTE

L'accident ne répond pas selon l'article 44 de la loi du 19 décembre 2006 à la définition d'un accident grave¹.

L'Organisme d'Enquête a décidé d'ouvrir une enquête en fonction de l'article 45 de la loi du 19 décembre 2006 qui prévoit la possibilité d'enquêter sur des accidents et incidents qui, dans des circonstances légèrement différentes, auraient pu conduire à des accidents graves.

¹ Accident grave : tout accident ayant comme conséquence au moins 1 mort, 5 blessés graves et/ou 2 millions d'euros de dégâts.

2.1.5. COMPOSITION DE L'ÉQUIPE

Rôle	Organisme d'appartenance
Enquêteur principal	SPF Mobilité et Transports/Organisme d'Enquête
Enquêteurs	SPF Mobilité et Transports/Organisme d'Enquête
Assistance expertise technique	Bombardier
	Koni
	SNCB Holding
Assistance documentaire, logistique, technique	Service d'enquête Infrabel Divers services Infrabel
Assistance documentaire, logistique, technique	Service d'enquête SNCB Divers services SNCB
Expertise réglementaire	

2.1.6. CONDUITE DE L'ENQUÊTE

L'accident a été notifié par le Traffic Control à l'Enquêteur Principal par téléphone le 28 janvier 2011 à 10h48.

L'Enquêteur Principal a désigné un enquêteur qui s'est immédiatement rendu sur place.

Dès son arrivée, l'enquêteur s'est mis en contact avec le responsable de gestion du site de l'accident, le Leader Infrabel, avec l'expert judiciaire désigné par le parquet, la police des Chemins de Fer et des divers responsables Infrabel et SNCB présents sur place.

2.1.6.1. MÉTHODOLOGIE

Informations récoltées sur place

- visite des lieux et prises de photos
- relevé des positions du matériel roulant
- inspection visuelle des aiguillages et supervision des mesures de la voie (écartement et dénivellation)
- contact avec l'expert judiciaire
- interview du conducteur
- visite au Blok de Verviers, réception et première analyse de documents LARA et EBP
- supervision des mesures de l'aiguillage (courbure, écartement et dénivellation)

Les informations récoltées ont permis d'établir un premier scénario des faits directs à savoir une prise en écharpe de deux trains de voyageurs suite au déraillement d'une partie d'un des deux trains.

Récolte d'information

- déclarations des agents SNCB et Infrabel sur place
- réglementations et documentations techniques applicables le jour de l'accident
- demandes d'informations, d'analyses, d'études obtenues d'Infrabel, de la SCNB, du SSICF, ...

Interviews

Divers interviews ont été menés :

- interviews de conducteurs
- interviews de responsables de Belgorail
- interview du SSICF
- interview de responsables d'ateliers
- interviews de responsables TCT.

Analyses

Divers facteurs qui auraient pu contribuer aux circonstances du déraillement ont été étudiés :

- la vitesse et accélération du train
- les amortisseurs antilacet
- les aiguillages
- la combinaison de voitures de types différents
- la façon d'atteler les voitures
- le comportement du conducteur et sa perception de la situation
- les butoirs.

2.2. LES CIRCONSTANCES DE L'ÉVÉNEMENT

2.2.1. ENTREPRISES ET PERSONNELS CONCERNÉS

2.2.1.1. LE GESTIONNAIRE D'INFRASTRUCTURE : INFRABEL

Le gestionnaire d'infrastructure a dans ses tâches :

- acquisition, construction, renouvellement, entretien et gestion de l'infrastructure ferroviaire
- gestion des systèmes de régulation et de sécurité de cette infrastructure
- fourniture aux entreprises ferroviaires de services relatifs à l'infrastructure ferroviaire
- répartition des capacités de l'infrastructure ferroviaire disponibles (horaires et sillons)
- tarification, facturation et perception des redevances d'utilisation de l'infrastructure ferroviaire et des services relatifs à l'infrastructure ferroviaire

2.2.1.2. L'ENTREPRISE FERROVIAIRE : SNCB

La SNCB exploite et commercialise le transport intérieur et international de voyageurs et de marchandises par voie ferroviaire. Elle est en outre responsable de la gestion du matériel roulant et gère ses participations dans des filiales telles qu'Eurostar, Thalys, IBF, TRW...

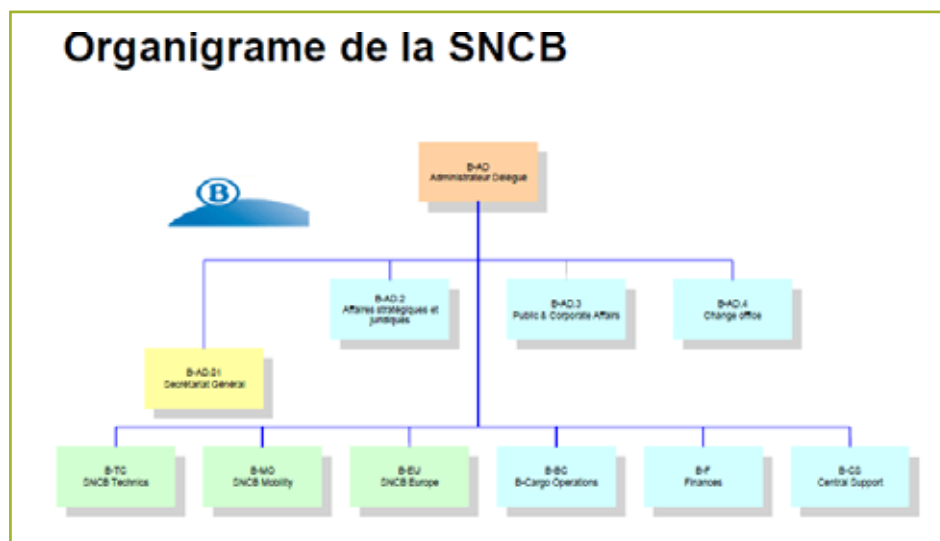


Schéma 2.2.1.2 organigramme SNCB

2.2.1.3. LE PERSONNEL CONCERNÉ

- le conducteur et les accompagnateurs du train E507
- le conducteur et les accompagnateurs du train E5280

2.2.1.4. BELGORAIL : L'ORGANISME DE CERTIFICATION

Belgorail est un organisme belge créé pour répondre aux besoins de certification et de vérification dans le domaine ferroviaire.

Belgorail réalise toutes les activités qui, directement ou indirectement, ont un rapport avec des opérations de:

- contrôle et vérifications
- homologations, immatriculations et certifications de matériels, systèmes ou sous-systèmes de transport par voies ferrées

lorsque ces opérations sont obligatoires sur base de la législation en vigueur.

Belgorail réalise toutes les activités sur base volontaire qui, directement ou indirectement, sur base volontaire, contractuelle ou autre, ont un rapport avec l'expertise, la certification, l'admission technique, l'inspection de matériels, systèmes ou sous-systèmes de transport par voies ferrées.

La société Belgorail est accréditée BELAC (335-Prod° SUIVANT NBN EN 45011 conformément à la loi du 20/7/1990.

Un rapport d'évaluation positif permet la délivrance par Belgorail d'une Attestation de Conformité, nécessaire pour la délivrance d'une autorisation de mise en service.

2.2.1.5. SSICF : L'AUTORITÉ NATIONALE DE SÉCURITÉ

Le Service de Sécurité et d'Interopérabilité des Chemins de Fer (SSICF), vise à améliorer, sur base du deuxième paquet ferroviaire de l'Union européenne, la sécurité et l'interopérabilité des chemins de fer communautaires.

L'Autorité de Sécurité nationale est de par son organisation, sa structure juridique et sa formulation de décision, indépendante de toute entreprise ferroviaire ou de gestionnaire de l'infrastructure.

Elle doit définir le cadre juridique et assurer la surveillance du gestionnaire d'infrastructure et des entreprises ferroviaires.

2.2.2. COMPOSITION DES TRAINS

2.2.2.1. TRAIN E507

Composition

La rame est composée de 10 voitures type I11 et 2 voitures type I10, poussées par la locomotive électrique HL1350, pour une longueur totale de 336 mètres et d'un poids 632 tonnes.

La composition du train le jour de l'accident est reprise dans le schéma 2.2.2a :

Position	Référence	Type de voiture	Long (m)	Poids (t)	Spécifications		Application
					type	tampon	
1	19814	I11	26,40	46	BDX	E/ ?	30/12/10
2	12876	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	30/12/10
3	12812	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	26/01/11
4	12865	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	13/01/11
5	12892	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	15/01/11
6	12895	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	13/12/10
7	11830	I11	26,40	46	AU	D _r /D _r	13/01/11
8	11824	I11	26,40	46	AU	D _r /D _r	13/12/10
9	11805	I11	26,40	46	AU	D _r /D _r	13/12/10
10	12757	I10Kmod	26,40	41	BU	A _r /A _r	28/12/10
11	12755	I10Kmod	26,40	41	BU	A _r /A _r	30/12/10
12	12828	I11	26,40	46	BU	D _r /D _r	26/01/11
13	HL1350	13	19,11	90		X _r /x _r	
			336 m	632 t			

Schéma 2.2.2.a) la composition du train E507

Note:

Type :

X = conduite
A = 1^{ière} classe
B = 2^{de} classe
D = fourgon à bagages

Tampon :

A = 660 x 360 x 42
D = 710 x 420
Z = 780 x 390
r/- = avec/sans renfort soudé avant/arrière



Photo 2.2.2.a) la voiture en tête du train E507, avec poste de conduite, type I11BDX

La première voiture est une voiture pilote de type I11BDX, voiture avec poste de conduite.

Elle est suivie de 8 voitures type I11BU (2^{ième} classe) ou AU (1^{ière} classe).

En position 10 et 11 se trouvent deux voitures type I10Kmod.

Les voitures I10 ont été construites et mises en service à partir de 1987. En 2010 certaines voitures ont été modifiées pour pouvoir circuler à des vitesses de 200 km/h, elles portent comme référence I10Kmod.



Photo 2.2.2.c) la voiture 10, type I10Kmod, vue de côté



Photo 2.2.2.b) la dernière voiture du train E507, type I11, vue de côté avec amortisseur antilacet

En dernière position, juste devant la locomotive, se trouve une voiture type I11BU. Les voitures I11 ont été construites et mises en service entre 1995 et 1997.

Le train est poussé par une locomotive électrique type 13 la 1350.

Equipement

Au moment de l'accident, la voiture pilote immatriculée 19814 était équipée :

- du système Memor
- du système de contrôle par pédale de veille automatique (pédale homme mort)
- de la Radio sol/train (radio de bord)
- d'un enregistreur TELOC
- du système GSM R

Au moment de l'accident, la voiture pilote n'était pas équipée du système TBL1+, ni de l'ETCS.

2.2.2.2. TRAIN E5280

Il est composé d'une automotrice de type AM 80, portant le numéro SNCB N°373, composée de 3 voitures.

Composition

Position	Référence	Type	Masse à vide (t)	Masse en charge (t)	Longueur (mm)
1	Série 03	AM83 n° 373	152	177	75180

Schéma 2.2.2.b) la composition du train E5280

Les automotrices AM 80 sont appelées « break ».
Leurs attelages permettent de réaliser de manière simple et rapide l'accouplement mécanique. Par contre cet attelage est incompatible avec celui équipant les anciennes automotrices du parc SNCB.
A l'origine les AM 80 étaient composées de deux éléments.
Dans le début des années 90, la SNCB décida d'ajouter une caisse intermédiaire non motorisée pour augmenter leur capacité.
Les AM furent transformées dans les ateliers de Malines entre 1992 et 1995.



Photo 2.2.2.d) la composition du train E5280

Equipements

Au moment de l'accident, la voiture pilote AM80 373 était équipée :

- du système Memor
- du système de contrôle par pédale de veille automatique (pédale homme mort)
- de la Radio sol/train (radio de bord)
- d'un enregistreur TELOC
- du système GSM R

La voiture pilote n'était pas équipée du système TBL1+, ni de l'ETCS.

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

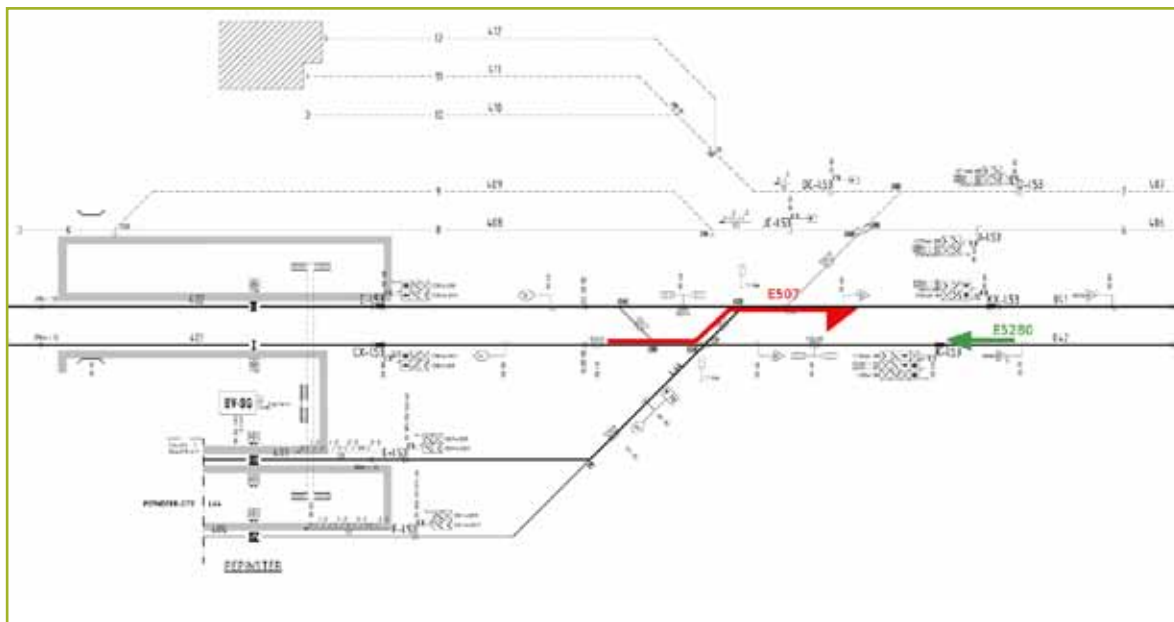


Schéma 2.2.3 PSS de la gare de Pepinster et les mouvements des trains E507 et 5280

2.2.3.1. LA LIGNE 37

La ligne 37 est une ligne à double voie sur toute sa longueur et comprend de nombreux ouvrages d'art.

La ligne 37 fait partie de la liaison Bruxelles – Liège – Aachen et est une ligne électrifiée 3 kV.

La vitesse de référence de la ligne est de 120 km/h entre Liège et Welkenraedt.

2.2.3.2. LIGNE 44

La ligne 44 est une ligne à double voie qui se réduit à une voie dans les installations de la gare de Pepinster.

Toutes les voies sont équipées de traverses en bois et de rail et d'attaches vissées avec tirefonds.

2.2.3.3. LE POSTE DE SIGNALISATION

Les ordres de commande d'aiguillages, d'enclenchements de routes et d'ouvertures de signaux se donnent par un ordinateur depuis un poste de travail du poste EBP/PLP du Block 53 situé en gare de Verviers Central.

2.2.3.4. SIGNALISATION LATÉRALE : CX-I.53



Photo 2.2.3a Signal CX-I.53

En sortie de la gare de Pepinster (au km 120.368), le dernier signal rencontré par le train E507 est le signal CX-I.53.

Ce signal est un grand signal d'arrêt desservi de contre-voie :

- avec un écran complémentaire supérieur (chevron) qui peut annoncer le changement de régime,
- avec un écran complémentaire inférieur (avec indication 4) qui peut annoncer une limitation de vitesse exprimée en dizaine de km/h,
- un œilleton de franchissement qui peut informer du fonctionnement automatique des signaux desservis.

Il est implanté à droite de la voie B et est équipé au sol d'un crocodile et de la technologie TBL1+.

2.2.3.5. SIGNALISATION LATÉRALE K-I.53

Le train E5280 est immobilisé devant le signal le signal K-I.53 (au km 120.683). Le signal K-I.53 est un grand signal d'arrêt de voie normale. Il est implanté à gauche de la voie B et est équipé d'un crocodile ainsi que la technologie TBL1+.

2.2.3.6. LA SIGNALISATION DE LA VOIE ACCESSOIRE

Ces signaux fournissent une indication de position ou d'enregistrement de passage :

- un signal hors service, croix blanche, sans numérotation
- au kilomètre 120.694, le signal D-I.53, voie 7 (VA)
- au kilomètre 120.622, le grand signal J-I.53, voie 6 (VA)



Photo 2.2.3b autres signaux sur le site de l'accident

2.2.3.7. PANNEAU DE VITESSE

Le panneau de vitesse de référence est constitué d'un panneau vert en forme de triangle équilatéral, pointé vers le haut.

Il porte, en blanc sur fond vert le nombre 12 indiquant la vitesse exprimée en dizaine de km/h. Ce panneau, placé à gauche de la voie A, marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de référence de la ligne, à savoir 120 km/h dans le cas présent, et s'adresse à tous les mouvements.

Un mouvement peut relever sa vitesse pour autant que le dernier véhicule ait dépassé ce panneau.



Photo 2.2.3c Signalisation vitesse

2.2.3.8. TYPES D'AIGUILLAGE

Le train E507 emprunte consécutivement 3 aiguillages en sortie de gare de Pepinster :

- la TJD 02AI/03AI (type TJDEUH4) qui permet la jonction entre les lignes 37 et 44 et permet également de rester sur la ligne L37
- l'aiguillage simple AW 02BI (type F4U-H4A), permettant le passage de la voie A à la voie B, en position droite
- AW 04AI (type F5-H4A), aiguillage simple, permettant le passage de la voie A à la voie accessoire, en position droite.

Tous les aiguillages sont à immobilisation au moyen de crochets horizontaux.

Les aiguillages sont manœuvrés à partir du poste EBP, block 53 de Verviers.

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

Des travaux prévus aux Tunnel 36 (Pont en Vaux, BK 115.321) et Tunnel 37 (Halinsart, BK 116.011) à Nessonvaux en amont de l'accident sont en cours sur la voie A de la ligne 37.

La voie A a été mise hors service depuis le 31/12/10 entre les signaux TX-H.53 (Olné, BK 113.018) et C-I.53 (Pepinster, BK 120.368).

Les travaux provoquent des ralentissements de plus de 5 minutes et le service des trains est modifié, ces informations sont reprises sur le site d'Infrabel pour informer les voyageurs.

Infrabel :

- gère les travaux à l'infrastructure entre Liège et Pepinster,
- réalise l'analyse des risques liés à ces travaux et, en conséquence,
- détermine les mesures à prendre pour régler la circulation.

Parmi les mesures prises citons :

- mettre la voie A localement hors service,
- diriger les trains en provenance de Liège de la voie A à la voie B,
- établir une signalisation temporaire le long des travaux,
- imposer une vitesse adaptée aux trains, le long des travaux mais aussi lors du passage dans la gare de Pepinster et sur les aiguillages en sortie de gare,
- rediriger les trains de la voie B vers la voie A en passant sur les aiguillages,
- informer les utilisateurs et services d'entretien.



Schéma 2.2.5 : Les travaux aux tunnels 36 et 37 et la jonction des lignes L44 et L37

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

Le plan d'urgence interne du gestionnaire d'infrastructure a été mis en place.
Le LEADER Infrabel se rend sur place, il est responsable de la gestion du site de l'accident.

Entre 10h35 et 11h00 les voyageurs sont évacués vers la gare de Pepinster et des services de navette sont instaurés. A partir de 10h59, le personnel B-Mobility assure l'information des voyageurs sur place.

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

L'accident n'a pas nécessité le déclenchement d'un plan d'urgence des services publics de secours.

Une assistance aux voyageurs et au personnel de train est organisée :

- premiers examens
- aide médicale
- aide logistique (transport vers les services hospitaliers de Verviers pour examen médical).

2.3. PERTES HUMAINES, BLESSÉS ET DOMMAGES MATÉRIELS

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

Il n'y a ni mort, ni blessé grave à déplorer dans l'accident.

9 passagers sont conduits vers les services hospitaliers de Verviers pour examens médicaux et quittent l'hôpital le jour même.

Le conducteur du train E5280 est légèrement blessé à la main et quitte l'hôpital après examens médicaux et soins.

2.3.2. FRET, BAGAGES ET AUTRES BIENS

Néant.

2.3.3. MATÉRIEL ROULANT, INFRASTRUCTURE ET ENVIRONNEMENT

2.3.3.1. ESTIMATION DES FRAIS

L'OE a demandé une estimation des frais occasionnés par l'accident.

L'accident cause d'importants dommages au matériel roulant et des dommages limités à l'infrastructure :

- SNCB : frais estimés : 100.000 €
- Infrabel : frais estimés : 30.055 €

2.3.3.2. TRAIN E507

L'attelage et l'arrière de la voiture 10 ont subi de légers dégâts (plateau de butoir partiellement arraché, câbles arrachés, ...).

La voiture 11 est sérieusement endommagée et ne sera pas remise en service.



Photo 2.3.3 a : dégâts à l'avant de la voiture 11



Photo 2.3.3 b : dégâts à l'arrière de la voiture 12

L'arrière et le dessous de la voiture 12 ont subi de légers dégâts .



Photo 2.3.3 c : dégâts à avant de la locomotive 1350

La locomotive a subi de légers dommages à l'avant.

2.3.3.3. TRAIN E5280

La prise en écharpe a sérieusement endommagé la cabine du conducteur de l'automotrice. L'avant de l'AM80 est sorti des rails. Le bogie arrière est soulevé du côté droit et incline l'arrière de l'AM80 sans la renverser.



Photo 2.2.3d : E5280 : dommages à l'avant l'AM80

2.3.3.4. INFRASTRUCTURE

Perturbations ferroviaires

Suite à l'accident, la circulation entre la gare de Pepinster et la gare de Verviers est interrompue du 28 au 30 janvier (19h45).

Ensuite, une limitation de vitesse à 40km/h sur les aiguillages 2, 3 et 4 a été instaurée.

La circulation normale des trains a été rétablie sans restriction le 31 janvier à 1h45.

En conséquence, selon les informations reçues du gestionnaire d'infrastructure :

- 17 trains SNCB ont été supprimés et 294 trains ont été partiellement supprimés
- 240 trains de voyageur de service intérieur ont eu un retard cumulé de 2 547 minutes
- 12 trains de voyageurs de service internationaux et Thalys ont eu un retard cumulé de 35 minutes
- 1 train de marchandises B Cargo a eu un retard de 15 minutes.

2.4. CIRCONSTANCES EXTERNES

2.4.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le jour de l'accident, le temps était ensoleillé, avec un ciel bleu et légèrement nuageux, légère brise.

La température extérieure était d'environ -2°C.

La visibilité était très bonne.

2.4.2. RÉFÉRENCES GÉOGRAPHIQUES

Le déraillement a lieu sur la ligne 37 en sortie de gare à Pepinster, direction Verviers à la hauteur de la borne kilométrique 120.600.

Longitude: 5.811°

Latitude: 50.5685°



Figure 2 : Situation géographique



3. COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS ET ENQUÊTES

3.1. RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES

De différents interviews avec le personnel de l'entreprise ferroviaire (conducteurs, accompagnateurs, ...), il ressort que le conducteur avait :

- la connaissance de ligne requise,
- la connaissance du matériel roulant,
- la connaissance du panneau de vitesse de référence de la ligne (120 km/h) en sortie de gare à Pepinster,
- la connaissance des règles ou procédures sur les conditions de reprise de vitesse,
- respecté les limitations de vitesse tout le long du parcours entre Liège et Pepinster.

Des conducteurs expliquent qu'en cas de relèvement de vitesse, conformément à la réglementation, ils peuvent relever la vitesse du convoi dès que le dernier véhicule a franchi un panneau ou un signal autorisant le relèvement de vitesse.

Pour gérer la vitesse du train à cet endroit, différents conducteurs expliquent qu'ils utilisent une astuce pour estimer la distance entre l'avant du train et ce point de référence : en fonction de longueur du train ils comptent le nombre nécessaire de poteaux de caténaire avant d'entamer l'accélération.

Différents conducteurs déclarent faire régulièrement usage du système VI (vitesse imposée) pour éviter de rouler trop vite. Le système VI n'était pas activé lors du passage à Pepinster.

Aucun facteur de distraction (une présence ou un événement) n'a pu être identifié lors du passage en gare de Pepinster.

De plusieurs témoignages il ressort que le train roulait à vitesse réduite avant de subir un freinage d'urgence.

Des témoins déclarent avoir entendu un bruit inhabituel et avoir ouvert une porte extérieure après l'arrêt pour constater le déraillement et la rupture d'attelage. L'un d'eux appelle le Traffic Control et le RDV et prévient le conducteur. Après ils s'occupent des voyageurs.

Un témoin déclare avoir vu une voiture à l'arrière du train E507 tanguer et dérailler.

3.2. SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ

La Directive 2004/49/CE du 29/4/2004 sur la sécurité d'exploitation prescrit que tout gestionnaire d'infrastructure et toute entreprise ferroviaire doivent établir un Système de Gestion de la Sécurité (SGS) garantissant la maîtrise de tous les risques créés par leurs activités.

Le SGS doit comporter des procédures et des méthodes d'évaluation des risques et de mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques chaque fois qu'un changement des conditions d'exploitation ou qu'une introduction de nouveau matériel comporte de nouveaux risques pour l'infrastructure ou l'exploitation.

Pour faciliter la reconnaissance mutuelle entre États membres, les méthodes d'identification et de gestion des risques qu'utilisent les acteurs participant au développement et à l'exploitation du système ferroviaire, ainsi que les méthodes permettant de démontrer que le système ferroviaire situé sur le territoire de la Communauté est conforme aux exigences de sécurité, ont été harmonisées: les méthodes sont adoptées dans le Règlement 352/2009 de la Commission.

Le Règlement (CE) N° 352/2009 de la Commission du 24 avril 2009 établit une méthode de sécurité commune (MSC) relative à l'évaluation et à l'appréciation des risques visée à l'article 6, paragraphe 3, point a), de la directive 2004/49/CE.

La MSC relative à l'évaluation et à l'appréciation des risques a pour objet de maintenir ou, lorsque cela est nécessaire et raisonnablement réalisable, d'améliorer le niveau de sécurité des chemins de fer de la Communauté.

La MSC a également pour but de faciliter l'accès au marché des services de transport ferroviaire par l'harmonisation:

- des processus de gestion des risques utilisés pour évaluer les niveaux de sécurité et la conformité avec les exigences de sécurité;
- de l'échange d'informations relatives à la sécurité entre les différents acteurs du secteur ferroviaire afin de gérer la sécurité entre les différentes interfaces qui existent dans ce secteur;
- des preuves résultant de l'application du processus de gestion des risques.

Le but de l'analyse est d'examiner si d'éventuels dysfonctionnements ou carences de ces SGS peuvent être en lien avec les causes directes ou indirectes de l'accident du 28/1/2011.

La notion de système de gestion de la sécurité a tendance à évoluer en fonction de la maturité acquise par le secteur. L'analyse tient compte des SGS applicables fin 2010. Nous avons tenté d'inclure sommairement les évolutions en cours.

3.2.1. SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ SNCB

3.2.1.1. LEADERSHIP

La déclaration de politique de sécurité fixe les lignes directrices de la gestion de la sécurité. Elle est à la disposition du personnel SNCB depuis début 2008. Le document est régulièrement révisé afin de tenir compte de l'évolution du Système de Gestion de la sécurité.

3.2.1.2. APPRÉCIATION DES RISQUES

L'EF est tenue d'assurer le contrôle de la partie du système ferroviaire placée sous sa responsabilité, notamment en établissant des dispositions au sein de leur organisation pour :

- garantir la conformité aux exigences de sécurité applicables au système ferroviaire dans son ensembles (STI, règles nationales, etc.),
- déterminer les risques spécifiques liés à leur activité,
- recenser et gérer certains risques futurs de dimension locale.

L'appréciation des risques peut contribuer à anticiper les évolutions et menaces futures, telles que les perturbations et contraintes potentielles ainsi que leurs conséquences.

Le système décrit 3 éléments composant de la gestion de la sécurité:

- la gestion des risques lors des activités quotidiennes,
- la gestion des risques lors de projets et de changements,
- la détermination des risques principaux.

La gestion de risques lors des activités quotidiennes relève principalement d'un «art d'exercer» historique. Cet «art d'exercer» est garanti par la description des procédures dans les règlements et les cahiers des charges. La gestion quotidienne est donc une mission de contrôle au sein de chaque direction, cette mission permet d'assurer la continuité du cycle d'exploitation tout en garantissant une maîtrise constante des risques.

L'approche se fait en 4 étapes :

- Identification des risques
- Estimation de la fréquence et du niveau des risques
- Évaluation des risques
- Gestion des risques (limitation ou mitigation)



Figure 3 : analyse de risque (NMBS, Aanvraag van het veiligheidscertificaat)

Il est à noter que les collaborateurs sur le terrain sont incités à signaler immédiatement toute situation dangereuse. Dans le processus de gestion des risques, la ligne hiérarchique joue donc un rôle essentiel.

La gestion de risques lors de projets et de changements

Tout projet ou changement peut introduire de nouveaux dangers ou influencer le niveau de risque existant de façon positive ou négative et peut avoir des implications sur d'autres disciplines.

Comme les acteurs de projets ou de changements peuvent être différents des acteurs d'activités quotidiennes, une approche multidisciplinaire et systématique s'impose pour arriver à une gestion efficace de la sécurité.

Les besoins varient en fonction du type de modification envisagé et l'on distingue

- un projet : une intervention avec un impact significatif sur l'infrastructure technique et demande un investissement de capital
- un changement : une intervention avec un impact significatif sur les opérations / l'organisation / l'environnement / niveau social / standards et procédures / régimes d'inspection ou d'entretien/ personnel /

Pour définir l'aspect significatif, la SNCB se base sur le document SSICF/94/PF du SSICF.

Dépendamment si le changement significatif est nouveau ou pas, une notification ou une demande d'avis sera introduite auprès du SSICF. Le cas échéant, le matériel sera homologué, le système de gestion de sécurité sera adapté et une demande de modification du certificat de sécurité sera introduite.

Les projets ou modifications sont à répartir en phases et lors de la phase implémentation toutes les personnes concernées doivent être impliquées, ce qui demande une attention particulière au rapportage.

L'approche du concept gestion de risque se fait en trois étapes:



Figure 4 : change management - gestion de risque (NMBS, Aanvraag van het veiligheidscertificaat)

Dans la situation où la SNCB exerce le contrôle complet sur la modification, la SNCB gère l'analyse de risque et prend les décisions nécessaires afin d'améliorer le niveau de sécurité.

La gestion des risques principaux

Les risques principaux ont été identifiés, estimés et évalués en 8 types d'accidents :

- collisions de trains
- déraillements de trains
- accidents aux passages à niveau
- accident de personnes
- suicides et circulation illicite
- incendies dans le matériel roulant
- accidents de triage
- accidents avec des produits dangereux

La méthode est établie selon le schéma suivant :



Figure 5 : gestion des risques principaux (NMBS, Aanvraag van het veiligheidscertificaat)

3.2.1.3. CONTRÔLE

Des audits internes sont effectués dans le domaine de la sécurité d'exploitation et ce, formellement en exécution d'un programme d'audit annuel approuvé par le Comité d'audit de la SNCB. Ces missions d'audit sont effectuées par le service 'Audit Interne' de la SNCB Holding (H-AI) qui est indépendant SNCB.

3.2.1.4. DOCUMENTATION TECHNIQUE

La documentation est mise à disposition du personnel de maintenance via système informatique. Des réunions de travail sont programmées.

3.2.1.5. FORMATION DES CONDUCTEURS

Les conducteurs suivent une formation de base appelée «formation fondamentale» au sein de la SNCB. Cette formation a pour but de faire acquérir les connaissances et aptitudes nécessaires aux conducteurs pour assurer leurs fonctions.

L'organisme de formation des conducteurs est titulaire de la certification ISO 9001:2008 « système de management de la qualité ».

Au sein de la SNCB, les conducteurs doivent suivre une formation composée :

- d'une partie théorique de 92 jours
- d'une partie pratique de 108 jours : 85 jours de conduite avec un moniteur et 23 jours d'autres pratiques (freinage, dépannage,...)

La partie théorique porte à titre d'exemple sur la signalisation, le règlement de la signalisation, la sécurité du travail, connaissance de ligne, connaissance du matériel roulant mais également 2 jours de formation « qualités et attitudes » dispensées par des psychologues de l'entreprise notamment pour apprendre comment adapter leur mode de vie à des horaires variables, l'interaction entre vie privée et vie publique, conseil d'alimentation, sommeil, détente,...

Un système d'évaluation permanent est mis en place au cours de l'apprentissage.

L'examen final est composé d'une partie écrite et d'une partie orale.

Le jury est composé de divers instructeurs et parfois d'un membre de l'Autorité Nationale de sécurité.

Concernant les formations pratiques, l'instructeur doit signer une feuille pour valider la formation.

Concernant la formation des conducteurs de train, la SNCB a mis en place un système de « coaching » depuis janvier 2010 afin de corriger si nécessaire leur comportement de conduite.

Les conducteurs de moins de 2 ans d'expérience sont accompagnés trois fois par an par un instructeur expérimenté, deux fois par an pour les conducteurs ayant moins de 5 ans d'expérience et une fois pour les tous les autres conducteurs.

Une formation permanente qui a pour but d'entretenir et d'améliorer les aptitudes du personnel de conduite est dispensée au cours de l'exercice de ses fonctions. Cette formation prépare le personnel pour le contrôle triennal de leur aptitude professionnelle. Elle porte sur la réglementation, la sécurité du travail, la technologie, le dépannage,... La formation permanente est de 10 jours répartis sur 3 ans comprenant des sessions d'exercice sur simulateur.

Le suivi des formations est réalisé au moyen d'un système informatique reprenant les dates de formation.

Des formations complémentaires sont également réalisées lorsqu'un conducteur est amené à circuler sur un autre type de matériel ou/et sur une autre ligne.

3.3. LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

3.3.1. RÈGLES ET RÉGLEMENTATION PUBLIQUE COMMUNAUTAIRE ET NATIONALE APPLICABLES AUX MATÉRIEL ROULANT

3.3.1.1. LA DÉCISION 93/465/CEE DU 22/7/1993

La Décision 93/465/CEE traite les procédures d'évaluation de la conformité qui doit permettre aux pouvoirs publics de s'assurer que les produits mis sur le marché satisfont aux exigences notamment en matière de santé et de sécurité des utilisateurs et consommateurs.

L'évaluation de la conformité est décomposée en modules (modules de A à H) qui se rapportent à la phase de conception des produits et à leur phase de production.

3.3.1.2. LA DIRECTIVE 96/48/CE DU 23/7/1996

La Directive 96/48/CE considère qu'il est nécessaire de définir des exigences qui s'appliquent au système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse et établit les conditions qui doivent être satisfaites pour réaliser l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse. Les conditions concernent le projet, la construction, l'aménagement et l'exploitation e.a. du matériel roulant.

Le matériel roulant doit être conforme aux STI et les STI indiquent les modules qui doivent être utilisés pour évaluer la conformité.

3.3.1.3. DIRECTIVE 2001/16/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL DU 19 MARS 2001 RELATIVE À L'INTEROPÉRABILITÉ DU SYSTÈME FERROVIAIRE TRANSEUROPEEN CONVENTIONNEL

Le but est de soumettre les sous-systèmes constituant le système ferroviaire transeuropéen conventionnel à une procédure de vérification, cette vérification devant permettre aux autorités responsables, qui autorisent la mise en service, d'être assurées que, au stade du projet, de la construction et de la mise en service, le résultat est conforme aux dispositions réglementaires, techniques et opérationnelles qui sont d'application. Elle doit également permettre aux constructeurs de pouvoir compter sur une égalité de traitement quel que soit le pays. Il y a donc lieu d'établir un module définissant les principes et les conditions de la vérification "CE" des sous-systèmes.

Dans le cas d'un renouvellement ou d'un réaménagement, le gestionnaire de l'infrastructure ou l'entreprise ferroviaire introduisent auprès de l'État membre concerné un dossier décrivant le projet. L'État membre examine ce dossier et, en tenant compte de la stratégie de mise en œuvre indiquée dans la STI applicable, décide si l'importance des travaux justifie la nécessité d'une nouvelle autorisation de mise en service au sens de la présente directive. Cette autorisation de mise en service est nécessaire chaque fois que le niveau de sécurité peut être affecté par les travaux envisagés.

3.3.1.4. DÉCISION 2002/735/CE DU 21/2/2008

La Directive 96/48/CE et les STI ne s'appliquent pas aux travaux de renouvellement ou aux substitutions dans le cadre d'une maintenance. Ils est toutefois souhaitable que les STI s'appliquent aux travaux de renouvellement. La Décision 2002/735/CE, Article 3.2, stipule que

« dans le cas d'un réaménagement, l'entité adjudicatrice introduit auprès de l'Etat membre concerné un dossier décrivant le projet. L'Etat membre examine ce dossier et, en tenant compte de la stratégie de mise en œuvre indiqué au chapitre 7 de la STI annexée, décide (le cas échéant) si l'importance des travaux rend nécessaire une nouvelle autorisation de mise en service au sens de l'article 14 de la Directive 96/48/CE ... »

Le chapitre 6 stipule que l'évaluation de la conformité est effectuée par un organisme notifié désigné par le fabricant. Les procédures d'évaluation à appliquer pour le sous-système 'matériel roulant' sont des procédures dite de module SB, SD, SF ou H2.

3.3.1.5. DIRECTIVE EUROPÉENNE 2004/49

Directive sur la sécurité de l'exploitation ferroviaire et transposée dans la Loi belge du 19/12/2006 et qui prescrit que l'entreprise ferroviaire est rendu responsable de sa partie du système ferroviaire et de la sécurité d'exploitation de celle-ci.

La sécurité de l'exploitation ferroviaire prescrit également que toute entreprise ferroviaire doit établir un Système de Gestion de la Sécurité (SGS) garantissant la maîtrise de tous les risques créés par ses activités.

Le SGS vise notamment à bien connaître et à évaluer en permanence la situation et l'évolution des risques et de la sécurité sur le terrain, afin de prendre des mesures préventives utiles pour éviter les accidents.

Elle prévoit la constitution au sein de chaque Etat membre d'une Autorité de sécurité ferroviaire.

3.3.1.6. DIRECTIVE 2008/57/CE RELATIVE À L'INTEROPÉRABILITÉ DU SYSTÈME FERROVIAIRE AU SEIN DE LA COMMUNAUTÉ

La directive 96/48/CE du Conseil du 23 juillet 1996 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse et la directive 2001/16/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 mars 2001 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire conventionnel ont été modifiées de façon substantielle par la directive 2004/50/CE du Parlement européen et du Conseil. A l'occasion de nouvelles modifications, dans un souci de clarté, il a été décidé de procéder à la refonte desdites directives et, dans un but de simplification, de rassembler leurs dispositions en un texte unique, la directive 2008/57/CE.

La directive a pour objet d'établir les conditions qui doivent être satisfaites pour réaliser au sein de la Communauté l'interopérabilité du système ferroviaire, dans le respect des dispositions de la directive 2004/49/CE. Ces conditions concernent la conception, la construction, la mise en service, le réaménagement, le renouvellement, l'exploitation et l'entretien des éléments de ce système, ainsi que les qualifications professionnelles et les conditions de santé et de sécurité du personnel qui contribue à son exploitation et à son entretien.

Tant que l'extension du champ d'application des STI à l'ensemble du réseau ferroviaire n'est pas effective:

- a) l'autorisation de mise en service:
 - de sous-systèmes véhicules et contrôle-commande et signalisation à bord, dont l'utilisation est prévue au moins partiellement sur la partie du réseau qui ne relève pas encore des STI, pour cette partie du réseau,
 - de sous-systèmes infrastructure, énergie et contrôle commande et signalisation sur les voies, sur les parties du réseau qui ne relèvent pas encore des STI, est accordée conformément aux règles nationales décrites à l'article 8 de la directive 2004/49/CE ou, le cas échéant, à l'article 17, paragraphe 3, de la présente directive.

Un État membre peut ne pas appliquer les STI nouvelles ou révisées adoptées conformément au paragraphe 2 dans le cas de projets se trouvant à un stade avancé de développement ou faisant l'objet d'un contrat en cours d'exécution lors de la publication du groupe de STI s'y rapportant.

3.3.1.7. LOI DU 26/01/2010, TRANSPOSE LA DIRECTIVE 2008/57 CE

Chapitre 5

Section 1re

La mise en service d'un véhicule doit être autorisée par l'Autorité de Sécurité avant que le véhicule ne puisse être utilisé sur le réseau.

Section 4 Art.50

§1 L'Autorité de sécurité peut délivrer des autorisations par type de véhicule.

§2 L'autorisation pour un véhicule porte également sur le type de véhicule correspondant.

§3 Le véhicule conforme à un type ... est autorisé sur ce réseau sur base d'une déclaration de conformité avec le type ... sans aucune autre vérification

En cas de renouvellement d'une autorisation par type de véhicule, les critères que vérifie l'Autorité de Sécurité se limitent aux règles modifiées.

§5 La déclaration de conformité avec le type est établie en conformité avec :

2° pour les véhicules non-conformes aux STI, les procédures de vérification définies au Module D ou E de la Décision 768/2008/CE

3.3.1.8. DÉCISION 768/2008/CE

Décision 768/2008/CE relative à un cadre commun pour la commercialisation des produits et abrogeant la Décision 93/465/CEE et contenant des procédures d'évaluation de la conformité de produits.

Le module B a pour objet l'évaluation de la conformité de type sur base de l'examen de la conception technique d'un produit. Un organisme notifié examine et atteste que la conception satisfait aux exigences de l'instrument législatif.

L'examen peut s'effectuer

- sur un échantillon représentatif
- par un examen de la documentation technique et des preuves apportées par le fabricant avec examen d'échantillon
- par un examen de la documentation technique et des preuves apportées par le fabricant sans examen d'échantillon

En cours de production : le module D a pour objet l'évaluation de la conformité au type sur base de l'assurance de la qualité du procédé de fabrication. Le fabricant

- met en œuvre un système de qualité approuvé pour la production et les essais
- déclare la conformité avec le type approuvé
- appose le marquage « CE »

En fin de production : le module E a pour l'objet l'évaluation de la conformité au type sur base de l'assurance qualité du produit. Le fabricant met en œuvre un système de qualité approuvé pour l'inspection et les essais du produit avant la mise sur marché déclare la conformité avec le type approuvé appose le marquage « CE ».

3.3.1.9. L'ARRÊTÉ ROYAL DU 16 JANVIER 2007

Désigne le SSICF comme Autorité nationale de sécurité et définit les exigences de sécurité auxquelles doivent satisfaire le gestionnaire d'infrastructure et les entreprises ferroviaires.

3.3.2. RÈGLES ET RÉGLEMENTATION PUBLIQUE COMMUNAUTAIRE ET NATIONALE APPLICABLES AUX CONDUCTEURS

3.3.2.1. ARRÊTÉ ROYAL DU 26 AVRIL 2009, MODIFIANT L'ARRÊTÉ DU 18 JANVIER 2008

Cet arrêté relatif à la fourniture de services de formation aux conducteurs de train et au personnel de bord était applicable au moment de l'accident.

Cet arrêté prescrit entre autre :

- que la formation fondamentale et la formation complémentaire des conducteurs de train et du personnel de bord, circulant sur l'infrastructure ferroviaire belge, sont exclusivement fournies par des organismes agréés,
- que pour obtenir un agrément, l'organisme doit adresser au Ministre une demande par envoi recommandé à la poste. L'organisme fournit des services de formation de qualité et établit un programme de formation fondamentale dans le respect des exigences reprises aux annexes 2 et 3 de l'A.R.,
- que le contenu de la formation doit permettre aux candidats d'acquérir les compétences professionnelles requises dans le cahier des charges du personnel de sécurité pour l'exercice des fonctions de sécurité concernées. Il est adapté à la catégorie de brevet que souhaite obtenir le candidat,
- que l'organisme doit organiser des examens dans les cas suivants :
 - 1) à l'issue d'une session de formation fondamentale ou complémentaire;
 - 2) lors du contrôle tous les trois ans des compétences professionnelles;
 - 3) lors d'une demande ponctuelle et motivée de contrôle de l'aptitude professionnelle faite par l'entreprise ferroviaire, le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire utilisateur ou l'autorité de sécurité.
- que l'examen théorique a lieu devant un jury, constitué par l'organisme de manière à éviter tout conflit d'intérêt. Le jury est composé d'au moins deux examinateurs. L'autorité de sécurité et un représentant de l'entreprise ferroviaire ou du gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire utilisateur qui a inscrit le candidat peuvent siéger dans ce jury en tant qu'observateur. L'examen a pour but de vérifier l'aptitude professionnelle du candidat et porte sur les compétences professionnelles nécessaires à l'exercice de la fonction de sécurité concernée.

L'arrêté royal définit également la durée de la formation et assimilation des matières :

- 1) La durée de la formation fondamentale en vue de l'obtention des brevets A1 et A2 est de 135 jours minimum (acquisition de la connaissance du matériel de traction et examen final compris) comprenant :
 - au moins 50 jours de pratique en ligne pendant lesquels le candidat acquiert l'expérience indispensable à la conduite des convois;
 - au moins deux contrôles de l'assimilation des matières, équitablement répartis sur la durée de la formation.
- 2) La durée de la formation fondamentale en vue de l'obtention des brevets B1 et B2 est de 190 jours minimum (acquisition de la connaissance du matériel de traction et examen final compris) comprenant :
 - au moins 70 jours de pratique en ligne pendant lesquels le candidat acquiert l'expérience indispensable à la conduite des convois;
 - au moins 3 contrôles de l'assimilation des matières, équitablement répartis sur la durée de la formation.

3.3.2.2. ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 9 JUIN 2009

Cet arrêté ministériel portant adoption du cahier des charges du personnel de sécurité était applicable à tout le personnel de l'infrastructure et des entreprises qui exécutent une fonction de sécurité définies dans cet A.M. au moment de l'accident.

Cet A.M. reprend les conditions de certification du personnel exerçant des fonctions de sécurité. Dans ce personnel sont repris les conducteurs de trains mais également les accompagnateurs, les opérateurs/signaleurs.

L'A.M. définit les modalités liées à l'utilisation de ce personnel :

- délivrance d'une autorisation,
- mise en place d'un dispositif ayant pour but de s'assurer des temps de conduite, des durées maximales de prestation, ...
- formation (fondamentale, complémentaire et permanente) adaptée à la fonction de sécurité qui lui est confiée.

Les opérateurs/signaleurs sont des membres du personnel du gestionnaire d'infrastructure exerçant des fonctions de sécurité telles que définies dans l'A.M.

Conducteur de train

Pour être valable, la licence de conducteur doit être accompagnée simultanément de :

- l'attestation de connaissance de ligne,
- l'attestation de connaissance du matériel.

L'attestation de connaissance de ligne est délivrée par l'entreprise ferroviaire qui atteste de ce fait qu'elle reconnaît le conducteur titulaire comme :

- possédant les connaissances prescrites par les règles de sécurité en matière de connaissance de lignes,
- ayant satisfait aux formations fondamentales et complémentaires en matière de dispositions particulières relatives à certaines lignes ou tronçons.

L'attestation de connaissance du matériel est délivrée par l'entreprise ferroviaire qui atteste de ce fait qu'elle reconnaît le conducteur titulaire comme :

- possédant les connaissances prescrites par les règles de sécurité en matière de connaissance du matériel,
- ayant satisfait aux formations fondamentales et complémentaires en matière de type de service.

Examens médicaux et psychologiques pour les conducteurs

L'A.M. définit le contenu minimal des examens médicaux et psychologiques que doit subir un conducteur avant affectation, à titre d'exemple :

- Vision, audition, perception des couleurs
- Analyse de sang et d'urine
- Recherche de substances psychotiques
- Aptitudes cognitives
- Communication
- Aptitudes psychomotrices
- Examens psychologiques sur le plan professionnel

Les examens sont réalisés de façon périodique. Tous les 3 ans jusqu'à 55 ans, ensuite tous les ans. Cette fréquence peut être augmentée. Des examens sont effectués automatiquement après tout incident/accident du travail ainsi qu'après toute interruption du travail due à un accident impliquant des personnes ou interruption d'au moins 30 jours.

Les examens médicaux sont réalisés par le CPS possédant une certification.

Accompagnateur de train

Un certificat d'accompagnateur de train est délivré pour le compte d'une entreprise ferroviaire, nominativement à la personne qui est certifiée et doit être accompagnée d'une attestation de connaissance professionnelle.

Cette attestation est délivrée par l'entreprise ferroviaire qui atteste ainsi qu'elle reconnaît le titulaire comme :

- Possédant les connaissances prescrites par les règles de sécurité en matière de connaissance du matériel,
- Ayant satisfait aux formations fondamentales et complémentaires en matière de dispositions particulières relatives à certaines lignes ou tronçons,
- Possédant le niveau requis de connaissances linguistiques.

Ils doivent répondre également à des critères médicaux et psychologiques défini dans cet A.M. du 9/09/2009.

3.3.3. AUTRES RÈGLES, TELLES QUE LES RÈGLES D'EXPLOITATION, LES INSTRUCTIONS LOCALES, LES EXIGENCES APPLICABLE AU PERSONNEL, LES PRESCRIPTIONS D'ENTRETIEN ET LES NORMES APPLICABLES

Seuls les extraits choisis dans le cadre de l'accident sont repris ci-après.

3.3.3.1. RSEIF 7.1 LA CONDUITE : DISPOSITION RELATIVE AU CONDUCTEUR

Le conducteur doit consulter les documents listés pour l'ensemble du matériel et des lignes qu'il doit normalement desservir pendant son service.

En plus de ses obligations en matières de respect de la signalisation et dans la mesure où la conduite du train le lui permet, le conducteur observe la voie.

Le conducteur doit constamment être en mesure de déterminer la position ainsi que la vitesse maximum autorisée de son train par rapport à la ligne qu'il parcourt.

La circulation à vitesse normale s'effectue à la vitesse autorisée par la signalisation et/ou la réglementation (connaissance de ligne du conducteur).

Le genre de mouvement est « grand mouvement », qui s'effectue à vitesse normale.

Le régime de voie normale est le sens représenté conventionnellement au PSS : sur la plupart des lignes à double voie, les trains circulent à gauche.

3.3.3.2. LIVRET LST III LISTE 25

Livret du service des trains, tome III liste 25 donne un tableau indiquant les plus petits rayons des courbes qui peuvent être empruntées par le matériel roulant.

Il s'agit d'une liste commune à la disposition des entreprises ferroviaires et du gestionnaire de l'infrastructure.

3.3.3.3. RÈGLES CONCERNANT LES ART - ILT - BNX INFRA

Les règles concernant les ART (du point de vue structures, panneaux, ...) sont reprises dans le RGE 722.3 relatif à la "signalisation latérale, à la signalisation fixe et à la signalisation de vitesse"; édité par l'avis 15 I-I/2011 du bureau I-I.302. Le point 3 dudit fascicule 722.3 donne toutes les indications relatives aux panneaux de vitesse temporaire (annonce, origine, fin de zone, ...) et renvoie, le cas échéant, aux autres points relatifs à la signalisation fixe.

Le RGE 729.3 et son 1er supplément, publiés respectivement par les avis 8 I-AR/2010 et 14 I-AR/2010, donnent toutes les modalités d'établissement, de rédaction, d'approbation, de publication, de numérotation, de distribution, ... des ART.

Les règles concernant les ILT et les BNX sont reprises dans plusieurs fascicules:

- Dans le RGE 413 et son premier supplément publiés respectivement par l'avis 16 I-AR/2011 et l'avis 12 I-AR/2012. Le point 5.1 du RGE 413 traite de la manière de demander l'autorisation de réaliser des travaux. Il traite de manière spécifique du contenu et de la présentation du "bulletin travaux" (BNX) en son point 16.2.
- Dans le RGE 741.1 publié par l'avis 7 I-I/2013 relatif à la "Mise hors service temporaire d'une voie sur des lignes équipées de signalisation latérale". Le point 8.4 traite de la nécessité et de la rédaction d'une ILT.

Le RGE 611 et ses deux suppléments, publiés respectivement par les avis 8 I-AR/2011, 24 I-AR/2012 et 5 I-AR/2013, traite au point 6.4 de l'extrait journalier de gare (similitude avec les BNX).

3.3.3.4. BROCHURE M22-2 DE 1977 : ETUDE ET CONNAISSANCE DE LIGNE

Cette brochure sert de manuel aux instructeurs chargés de :

- la formation professionnelle des élèves conducteurs
- l'organisation de l'étude de ligne des conducteurs
- la connaissance du matériel et de la ligne par un instructeur
- la connaissance de ligne n'est pas validée par un examen. C'est le conducteur qui signe pour confirmer sa connaissance.

3.3.3.5. LIVRET HLT

Le livret HLT est le livre de référence pour les conducteurs. Il reprend les prescriptions générales d'organisation, les prescriptions réglementaires à la signalisation latérale, à la signalisation de cabine, les instructions relatives à la desserte des engins moteurs.

3.3.3.6. EXTRAITS DU LIVRET HLT II.A.7

2 Moyens utilisés

2.5 Représentations conventionnelles

Seule la signalisation de vitesse permanente est représentée aux PSS.

Une signalisation de vitesse temporaire en un endroit où la vitesse permanente est supérieure à 40 km/h fait l'objet d'un Avis de Ralentissement Temporaire (ART) ...

3 Utilisation des panneaux et des signaux de vitesse

3.1 Dispositions générales

Les panneaux de vitesse et les signaux de vitesse sélectifs sont utilisés tant à voie normale qu'à contre-voie. Ils s'adressent tant aux petits qu'aux grands mouvements, sans déterminer ni transformer le genre et le régime du mouvement.

La vitesse de référence reste valable jusqu'à l'origine de la première zone à vitesse réduite.

Une vitesse réduite est à respecter dès que la tête du convoi atteint l'origine de la zone; si un freinage est nécessaire, il doit commencer au plus tard au panneau ou au signal d'annonce. En cas de relèvement de vitesse et si rien ne s'y oppose, la vitesse du convoi peut être relevée jusqu'à la vitesse indiquée dès que le dernier véhicule a franchi le panneau ou le signal de relèvement de vitesse.

3.2 Réduction de la vitesse signalisée

Quelle que soit la nature de la zone de vitesse réduite (permanent ou temporaire), l'annonce et l'origine de la zone sont toujours réalisées à l'aide de moyens correspondant à une même technologie :

- annonce réalisée par l'aspect VJH d'un grand signal : l'origine est indiquée par le grand signal d'arrêt annoncé (premier appareil de voie en aval)
- annonce réalisée par un panneau de vitesse : l'origine se situe au droit du panneau d'origine annoncé ;
- annonce réalisé par un signal d'annonce sélectif : l'origine se situe au droit du signal d'origine sélectif annoncé.

De plus, pour une zone à vitesse réduite spéciale, l'annonce et l'origine sont pourvues de la même indication complémentaire.

3.3 Neutralisation d'une annonce de réduction de vitesse

Une indication de vitesse présentée par un panneau ou un signal sélectif d'annonce est neutralisée par une indication de vitesse supérieure présentée en aval par :

- un grand signal d'arrêt ;
- un panneau ou signal sélectif de fin de zone ;
- un panneau ou signal sélectif de référence.

3.4 Relèvement de la vitesse

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 ;

3.4.2 Relèvement de vitesse non signalisé

A En gare

En gare, aucun relèvement de vitesse non signalisé n'est autorisé, à l'exception d'un relèvement à 40 km/h lorsqu'une indication de vitesse inférieure est imposée au signal d'entrée. Ce relèvement est autorisé :

- sur les voies principales directes, en aval du dernier aiguillage de l'itinéraire d'entrée ;
- sur les autres voies, à partir de l'endroit où les trains font normalement arrêt ;

B En pleine voie

En l'absence de vitesse signalisée, le relèvement à la vitesse maximale autorisée de l'endroit est autorisé en voie principale dès que le convoi se trouve en entier en aval du dernier aiguillage de l'itinéraire. C'est notamment le cas à la sortie d'une gare ou d'une installation intermédiaire, après un changement de voie en pleine voie, ...

Le document mentionne les modifications suivantes aux règles :

Premier supplément

Objet : modification de la présentation de la règle indiquant les circonstances permettant un relèvement de la vitesse :

- en gare, aucun relèvement au-delà de 40 km/h n'est autorisé en l'absence d'indication de la signalisation
- en pleine voie, la vitesse peut être relevée jusqu'à la vitesse maximale autorisée à l'endroit dès que le convoi se trouve entièrement en aval du dernier aiguillage de l'itinéraire

Mise en vigueur : le 1/1/2010.

4.2 Rappel à l'extrémité des quais

4.2.1 Un point d'arrêt est situé entre l'annonce et l'origine

Si un panneau d'origine est implanté à plus de 200 mètres en aval de l'extrémité du quai, un second panneau d'annonce servant de rappel y est implanté ; celui-ci est également surmonté d'une indication complémentaire portant le pictogramme « BIS »

3.3.3.7. EXTRAITS DU LIVRET HLT II.A.4

3.3. Indications à l'écran complémentaire inférieur

3.3.1. Nombre blanc

Lors d'une réduction de la vitesse signalisée, la vitesse indiquée est à respecter dès que la tête du convoi atteint le premier appareil de voie situé après le signal

Lors d'un relèvement de la vitesse signalisée, la vitesse indiquée est autorisée dès que le dernier véhicule du convoi a franchi le signal.

4.4.2 Aspects VJH

Avec l'aspect VJH, le conducteur règle la vitesse du convoi de manière à respecter la vitesse réduite à prendre en compte au premier appareil de voie en aval du signal d'arrêt annoncé.

La vitesse à prendre en compte est :

- celle indiquée par le nombre jaune à l'écran complémentaire supérieur ;
- à défaut, celle indiquée par le nombre au panneau de vitesse pour signal avertisseur ;
- 40 km/h si le signal avertisseur ne présente pas de nombre jaune ni de panneau de vitesse pour signal avertisseur

Lorsqu'un freinage est nécessaire, il doit commencer au plus tard à l'avertisseur.

3.4. FONCTIONNEMENT DU MATÉRIEL ROULANT ET DES INSTALLATIONS TECHNIQUES

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

Le poste de signalisation EBP du Block 53 est un poste où les ordres de commande d'aiguillages, d'enclenchement de routes et d'ouverture de signaux se donnent par un ordinateur qui est desservi depuis un poste de travail.

3.4.1.1. LE SYSTÈME D'ENREGISTREMENT DES DONNÉES INFRASTRUCTURES

Etude de l'image de vue générale, écran EBP

L'image de vue générale présente, pour l'ensemble de la zone EBP du block 53, une vue globale simplifiée, en temps réel, de la disposition et de l'occupation des voies, de l'état de la signalisation et de la circulation.

Les voies sont représentées par un trait plein pour une voie électrifiée et la couleur du trait représentant la voie dépend:

- de son occupation éventuelle si la voie est pourvue d'un dispositif de détection
- de l'enclenchement éventuel d'un l'itinéraire dont la voie fait partie;
- de l'immobilisation éventuelle d'un appareil de voie.

Le système EBP assure le suivi de la circulation des trains (l'Annonce Automatique des Trains ou TNM_AAT).

Blanc	Itinéraire libre et non enclenché ;
Blanc	Section libre
Vert	Itinéraire libre et enclenché ;
Rouge	Section occupée ou dérangée,
Rouge	Itinéraire occupé ou dérangé, et enclenché ;
Orange	Itinéraire occupé ou dérangé, et non enclenché ;
Cyan	Appareil de voie immobilisé, itinéraire libre et non enclenché.

Sur l'écran de vue générale, on représente les deux premières lettres de l'identification d'un signal lorsque cette identification est composée de plus de deux lettres.

Les images consécutives de l'écran sont une représentation EBP de l'évolution chronologique.

Image de 10h26



Le train E507 approche de la gare de Pepinster et roule à contre-voie (voie B - trait rouge).

La section qui correspond à la gare de Pepinster est libre.

La partie de route du signal CX-I.53 au signal A1219 est libre et enclenchée.

Le signal CX-I.53 est contrôlé ouvert, le signal KX-I.53 est contrôlé en position fermée.

La route indique un changement de régime de la voie B –CVT (contrevoie) à la voie A-VNS (voie normale normaalspoor) en passant sur les aiguillages 02AI/03I et 02BI.

Le contrôle de l'aiguillage est confirmé par un trait continu.

Le train E5280 est à l'arrêt devant le signal K-I.53 (trait rouge, voie B = section occupée).

Image de 10h27



Le train E507 traverse la gare de Pepinster (trait rouge, section occupée) et roule sur la voie B (contrevoie).

Son itinéraire est tracé du signal CX-I.53 au signal A1219.

La route indique un changement de régime de la voie B –CVT à la voie A-VNS en passant sur les aiguillages 02AI/03I et 02BI.

Le signal CX-I.53 est contrôlé ouvert, le signal KX-I.53 est contrôlé en position fermée.

Le contrôle de l'aiguillage est confirmé par un trait continu.

Le train E5280 est à l'arrêt devant le signal K-I.53 (trait rouge, voie B = section occupée).

Image de 10h28



Le train E507 traverse la gare de Pepinster et passe au signal CX-I.53 : il occupe le CV2 avant le signal.

La route indique un changement de régime de la voie B –CVT à la voie A-VNS en passant sur les aiguillages 02AI/03I et 02BI.

Le signal CX-I.53 est contrôlé ouvert, le signal KX-I.53 est contrôlé en position fermée.

Le contrôle de l'aiguillage est confirmé par un trait continu.

Le train E5280 est à l'arrêt devant le signal K-I.53 (trait rouge, voie B).

Image EBP 10h29



L'itinéraire du train E507 est tracé jusqu'au signal S-I.53, voie III de la gare de Verviers-Central.

La section entre le signal S-I.53 et L-I.53 est libre et non enclenchée.

Le train a libéré la TJD 02AI/03AI mais occupe l'aiguillage 02BI.

L'aiguillage 02BI est en 'perte de contrôle' (trait rouge interrompu).

Le signal CX-I.53 est contrôlé en position fermée, le signal KX-I.53 est contrôlé en position fermée.

Le train E5280 est toujours à l'arrêt devant le signal K-I.53 (trait rouge, voie B).

Image EBP 10h30



L'itinéraire du train E507 est tracé jusqu'au signal S-I.53, voie III de la gare de Verviers-Central. Le train a libéré la TJD 02AI/03AI mais occupe l'aiguillage 02BI.

L'aiguillage 02BI est en 'perte de contrôle' (trait rouge interrompu), le texte 02BI en blanc sur fond rouge indique une perte de contrôle de plus de 15 secondes.

Le signal CX-I.53 est contrôlé en position fermée, le signal KX-I.53 est contrôlé en position fermée.

Le train E5280 est toujours à l'arrêt devant le signal K-I.53 (trait rouge, voie B).

Etude :

Les données de l'écran EBP du jour de l'accident indiquent que tout se déroule normalement jusqu'à 10h28. Entre 10h28 et 10h29 une perte de contrôle de l'aiguillage 02BI est détectée et ceci lorsque le train E507 occupe le circuit de voie comprenant l'aiguillage 02BI.

Etude du document Lara

Les données du système EBP sont enregistrées et listées dans un document dit LARA, fourni par Infrabel.

Le tableau ci-après reprend une partie des commandes de route, mouvements, chronologie d'ouverture des signaux.

28/01/2011 10:23:30.538	RqPPM1		R(CXI_2I) [19]							Tracé de la route (itinéraire) en deux fois du signal CXI vers la voie 041
28/01/2011 10:23:30.637	RqPPM1		R(2I_04I) [25]							
28/01/2011 10:23:30.918	TlgOUT	35(P2)		P1_03I RIGHT			CGV(03I)			Commande de l'aiguillage 03I de se positionner à droite
28/01/2011 10:23:31.498	TlgIN	35(P2)		P1_03I NO CTRL			KGv(03I)			Perte de contrôle de l'aiguillage 03I lors de son mouvement de gauche vers la droite
28/01/2011 10:23:31.638	TlgIN	46(P4)					P2_03I NO CTRL			Dédou-blement contrôle aiguillage 03I
28/01/2011 10:23:36.458	TlgIN	35(P2)		P1_03I RIGHT						Obtention du contrôle à droite de l'aiguillage 03I (contrôle dédoublé)
28/01/2011 10:23:36.598	TlgIN	46(P4)					P2_03I RIGHT			
28/01/2011 10:23:41.395	TlgOUT	32(S2)		S_CXI GREEN		S_CXI	S_CXI			Mise au passage du signal CXI au vert
28/01/2011 10:23:42.095	TlgIN	32(S2)		S_CXI KOS KYGS						Contrôle de l'ouverture du signal

28/01/2011 10:28:17.454	TlgIN	31(P2)							Détection du train venant de Liège vers Verviers (circuit de voie juste avant le signal CXI)
28/01/2011 10:28:17.514	TlgIN	34(S1)							Ce circuit de voie est dédoublé et les infos sont en concordance
28/01/2011 10:28:18.094	TlgOUT	32(S2)		S_CXI RED		S_CXI	S_CXI		Remise à l'arrêt du signal CXI
28/01/2011 10:28:18.714	TlgIN	32(S2)		S_CXI KFS					Contrôle de la fermeture du signal CXI
28/01/2011 10:28:21.234	TlgIN	32(S2)				RC_CXI			Pédale après le signal CXI foulée
28/01/2011 10:28:43.633	TlgIN	40(S2)				RC_KXI			Pédale en aval (par rapport au sens du signal) du signal KXI foulée
28/01/2011 10:28:44.874	TlgIN	40(S2)					T1_KXI		Détection du train venant de Liège vers Verviers (circuit de voie juste en amont du signal KXI). Circuit de voie dédoublé
28/01/2011 10:28:45.414	TlgIN	31(P2)						T2_KXI	
28/01/2011 10:28:58.415	TlgIN	32(S2)				RC_CXI			Pédale après le signal CXI libérée
28/01/2011 10:28:59.156	TlgIN	39(P2)		P1_02BI NO CTRL					Perte de contrôle de l'aiguillage 02BI
28/01/2011 10:28:59.236	TlgIN	43(P2)			P2_02BI NO CTRL				Ce contrôle est dédoublé et tous les deux sont en concordance

28/01/2011 10:29:00.396	Erreur		(81,E0,00) Fault Non-critical Alarm Points Detection Normal 1_02BI							Message d'erreur généré par le système
28/01/2011 10:29:00.476	Erreur		(81,E0,00) Fault Non-critical Alarm Points Detection Normal 2_02BI							Message d'erreur généré par le système
28/01/2011 10:29:10.313	TlgIN	40(S2)				RC_ KXI				Pédale en aval (par rapport au sens du signal) du signal KXI lib�r�e

Etude :

Le signal CX-I.53 est ouvert à 10h23'44''.

Il indique une réduction de vitesse à 40km/h (panneau inférieur présentant un 4) et le chevron sur le panneau supérieur annonce au conducteur un changement de régime (accès à la voie normale) correspondant au passage de la voie B à la voie A.

Un tracé de route et une commande à l'ouverture d'un signal ne seront exécutés que si l'identification du mouvement est le « premier mouvement » devant le signal. Le signal K-I.53 est à l'arrêt. La logique du système ne permet pas son ouverture suite à la présence d'un itinéraire cisaillant (le mouvement du train E507 cisaille le tracé du train E5280, ce qui empêche l'ouverture du signal K-I.53).

Tout se déroule normalement jusqu'à 10h28. Les données confirment l'étude des données des images de l'EBP.

Lorsqu'un tracé est enclenché, le système empêche le retrait de ce tracé sauf par l'activation des fonctions de secours en cas d'absolue nécessité.

L'utilisation inadéquate des fonctions de secours pourrait compromettre la sécurité et provoquer le déraillement du train par une modification de la position de l'aiguillage.

Ces fonctions sont disponibles uniquement pour certains utilisateurs. De plus, le démarrage d'une fonction de secours ne provoque pas son exécution immédiate. La fonction vérifie les conditions à satisfaire avant de l'exécuter. La fonction indique à l'utilisateur les conditions à vérifier ou les mesures à prendre.

Lors de l'étude des documents, nous n'avons pas trouvé de trace des fonctions de secours.

Une perte de contrôle de l'aiguillage 02BI est enregistrée lors du passage du train E507 entre 10h28 et 10h28m59s.

3.4.1.2. INSPECTION ET ENTRETIENS DE LA VOIE

Fiche de travail V705 du 8/1/2010

Mesures effectuées sur l'aiguillage 02BI.

Point de mesure	Endroit	Ecartement voie directe	Ecartement voie déviée	Nivellement transversal	Nivellement longitudinal	Dressage
1	10 m avant joint de pointe	1435		0/0	-2	0
2	joint de pointe	1435		6/5	-3	-2
3	pointe aiguillage contre aiguilles	1445		9/5	-20	-2
4	point contact tête aiguille/contre aiguille	1440		10/0	-10	+5
5			1445	2/-5	-5	0
6	Talon	1435		0/-10	2	-3
7			1455			-2
8	milieu intercalaire	1436				
9						
10	joint intérieur croisement	1434	1440			
11			1440-			
12	joint extérieur croisement	1434				
13			1436			

Mesures de la voie le 28 janvier 2011

L'aiguillage 02BI est mesuré une première fois par Infrabel en présence de l'Organisme d'Enquête et du SPC le jour de l'accident.

Mesures de la voie directe de l'aiguillage 02BI :

Point de mesure	Endroit *	Ecartement	Dévers
1	POD	1443	-8
2	talon	1451	-5
3	POD + 4,10 m	1451	-9
4	POD + 8,20 m	1450	-9

Mesures de la voie le 29 janvier 2011

L'aiguillage 02BI est mesuré une seconde fois par Infrabel en présence du SPC et de l'expert judiciaire.

Mesures de la voie directe de l'aiguillage 02BI :

Point de mesure	Endroit *	Ecartement	Dévers
1	1E4 (talon)	1436	0
2	1E5	1434	0
3	1E6	1438	-2
4	1E7 (croisement)	1434	-15

Point de mesure	Endroit	Nivellement longitudinal	Endroit	Dressage Corde 20 m
1	1N3 (pointe)	-	1P3 (pointe)	-
2	1N4 (pointe + 5m)	0	1P4 (pointe + 5m)	0
3	1N5 (pointe + 10 m)	-10	1P5 (pointe + 10 m)	-11
4	1N6 (pointe + 15 m)	-5	1P6 (pointe + 15 m)	-15
5	1N7 (pointe + 20 m)	0	1P7 (pointe + 20 m)	-10
6	1N8 (pointe + 25 m)	0	1P8 (pointe + 25 m)	0

Mesures en voie déviée de l'aiguillage 02BI :

Point de mesure	Endroit	Largeur bourrelet	Tolérances Valeur de base 73,70 mm	Usure verticale	Limite d'usure	Usure latérale	Limite d'usure
1	2E4 (côté pointe)	74,9	+/- 20 mm	1,3	10 mm	10°	30°
2	2E5	72,1	+/- 20 mm	4,9	10 mm	10°	30°
3	2E6	71,2	+/- 20 mm	2,55	10 mm	5°	30°
4	2E7 (côté cœur)	72,9	+/- 20 mm	1,30	10 mm	4°	30°

Point de mesure	Endroit	Corde (m)	Flèche (mm)	Rayon	Rayon théorique	Rayon minimum
1	-1 m	10	85	147,1	215/208 m	I10 : 130 m
2	milieu aiguille	10	90	138,9	215/208 m	I10 : 130 m
3	+1 m	10	85	147,1	215/208 m	I10 : 130 m

L'inspection des organes de manœuvre et des moteurs d'aiguillage des aiguillages 02BI et 04AI n'a pas permis de détecter d'anomalies.

Remarques :

1. Pour la vérification du rayon sous la corde de 10 m, la tête de la corde doit être positionnée à 10 m de la pointe de l'aiguillage. Les dommages à l'aiguillage, causés par le déraillement, ne permettant pas l'utilisation de ce point, le point de référence a été pris au talon de l'aiguillage.
2. PTR V01 fascicule 2 Art. 17 : « Le contrôle de l'effet de danse au droit des pièces de bois du moteur est d'abord effectué visuellement lors du passage d'un train (1M1 et 1M2). Le résultat du contrôle est ensuite complété dans le tableau par la mention OK ou NOK ». La circulation est impossible et par conséquent la vérification n'a pas pu avoir lieu. Il n'y a pas de traces de boue ou de présence de poussière blanchâtre.
3. A partir de la pointe de l'aiguillage la voie a été déformée lors du déraillement. Un gauchissement d'environ 10 cm vers la droite a été constaté .
4. Il manque les cotes de protection.
5. Les aiguillages sont livrés comme ils sont assemblés en fabrication : après la pose, les ajustements se font sur la file de la voie directe et la courbe n'est plus mesurée.

Mesures de la voie le 27 février 2011

Des mesures complémentaires des rayons de courbure dans l'aiguillage 02BI ont été réalisées à la demande de l'expert judiciaire. Ces mesures ont été effectuées après remplacement de deux demi-aiguillages de l'aiguillage 02BI.

Vérifications du rayon de courbure dans la zone de déraillement

Selon les informations obtenues d'Infrabel,

- le rayon d'un aiguillage type TJDEUH4 est 214,2 m (R1)
- le rayon d'un aiguillage type F4U-H4A au droit du cœur de croisement est 208,0 m (R2)
- l'alignement calculé est de 7346 mm (l'alignement étant par définition la partie sans rayon entre les cœurs des aiguillages qui forment la courbe et la contre-courbe).

Les normes UIC 527-1 prévoient les dimensions suivantes (tableau 2)

Tableau 2 : Alignement minimal entre une courbe et une contrecourbe de mêmes rayons
(voir point C.2, alinéa 2.)

Ecartements	$R_1 = R_2 = R$	150	160	170	180	190	200
1,470	$L \geq$	6,79	6	5,20	4,25	3	0
1,465		6,52	5,73	4,86	3,80	2,28	0
1,460		6,26	5,44	4,50	3,29	1,19	0
1,455		6	5,14	4,10	2,69	0	0
1,450		5,75	4,82	3,66	1,90	0	0
1,445		5,48	4,48	3,17	0	0	0
1,440		5,20	4,10	2,57	0	0	0

Nota : jusqu'à un écartement maximal de 1,458 m, une courbe et une contrecourbe de 190 m de rayon peuvent se suivre sans alignement.

Tableau 2 : l'exécution de la succession de 2 courbes de sens opposé sans alignement est effectué en conformité à la Norme UIC 527-1

Selon les normes UIC, pour une courbe et contrecourbe de même rayon et un écartement de 1440 à 1450, aucun alignement intermédiaire n'est nécessaire quand les rayons sont supérieurs à 200m. Selon le calcul d'Infrabel, l'alignement est de 7,346 m.

Après l'accident, le rayon de courbure de l'aiguillage 02BI a été mesuré en présence du SPC en se centrant sur le point de déraillement, successivement avec une corde 10 mètres et ensuite une corde de 20 mètres :

R (corde de 10m) = 215.52 m

R (corde de 20m) = 204.82 m

Les mesures effectuées avec une corde de 10 m donnent un résultat conformément aux spécifications. En revanche lorsque la mesure est réalisée avec une corde de 20m, les points extrêmes de la corde sortent de la courbe et les mesures sont faussées par le déripage de la voie (photo 3.4.1/3 c)).

Infrabel LST III Liste 25

Le rayon minimum pour le matériel roulant non combiné est

- 100 m pour les locomotives électriques Série 13,
- 125 m pour les voitures type I11,
- 130 m pour les voitures type I10.

Les rayons des aiguillages sont supérieurs au rayon minimum.

Historique des derniers entretiens de la voie et des aiguillages 02AI/03AI (TJD) et 02BI

30/01/11		Urgent	entretien mécanisé après l'accident
26/01/2011	Exp.		expédition d'un cœur de croisement
15/11/2010	Rés.		cœur de croisement TJD doit être remplacé
12/10/10			serrage et bourrage
7-8/10/2010	V712		entretien TJD (serrage), tirefonds Remise en état H4, perçage trous, ressuage partiel : soudure - réparation
30/09/10			nivellement et dressage, meulage et ébavurage
23/08/10	Rés.		cœur de croisement TJD doit être remplacé
13/07/10	Surv.		02AI pointe du cœur fortement aplatie
5/07/10			bourrage TJD
19/05/10			remplacement éclisses
4/05/10			contrôle simplifié TJD
13/01/10		Urgent	remplacement cœur avarié
7/01/2010	V712		TJD remplacement boulons éclisse + rondelles
27/05/09	V712		bourrage TJD et AS02BI
5/04/09			contrôle approfondi
14/01/09			remplacement demi-aiguillage 2-2 dans AS02AI
14/04/2009	Surv.	?	écaillage cœur TJD
31/03/2009	V712		bourrage TJD et ripage pointe AS 01BI
21-23/3/2009	V712		drainage, repose, toilettage TJD, mirer voie A + B et pose terre
7-8/01/2009	V712		entretien, relevé cotes géométriques 01AI et BI / 02BI / 04AI
04/11/08	V712		remplacement d'urgence demi-aiguillage EU H4 2-2 02AI

Tableau 3: historique de l'entretien de la TJD

Les contrôles consistent

- en mesure de diverses cotes
- en divers examens visuels : des mesures sont réalisées si nécessaire

Les contrôles débouchent sur un diagnostic d'opérations d'entretien si nécessaires. Ce diagnostic est à effectuer ou valider par l'agent de maîtrise responsable du poste. Le délai entre le contrôle et les opérations d'entretien à effectuer doit également être évalué et validé en fonction du degré d'urgence des opérations d'entretien à effectuer.

Le diagnostic peut également prévoir l'exécution d'une vérification complémentaire dans un délai déterminé.

Les aiguillages sont contrôlés et entretenus régulièrement. Les dernières inspections de la voie permettent de constater que la voie était en bon état à l'exception du cœur de croisement : une demande de remplacement du cœur de croisement de la TJD est datée du 23/8/10. Un cœur de remplacement est commandé et est livré le 26/1/11. En attendant la livraison, une réparation est effectuée le 7/10/10. Le 15/11/10, une nouvelle demande de remplacement du cœur de croisement est formulée.

Inspection de l'aiguillage 02AI de la TJD

Lors de l'inspection visuelle sur place le jour de l'accident l'OE constate que le cœur de croisement de l'AW 02AI est sérieusement corrodé (photos 3.4.1/2a et 3.4.1/2b).



Photo 3.4.1/2 a) vue sur la TJD



Photo 3.4.1/2 b) corrosion du cœur de croisement

- Le cœur de croisement de l'aiguillage 02AI de la TJD montre des traces de corrosion (plusieurs creux dont un creux de ± 3 sur 8 cm, profond de 2 cm). Le fond et les bords des creux sont rouillés. Cette corrosion n'est manifestement pas récente.
- Des cavités sont visibles dans la surface de roulement, l'arrête est martelée et émoussée par le passage continu des wagons. L'analyse visuelle du cœur de croisement en acier au manganèse écaillé permet de constater que la table de roulement de roues n'entre pas en contact avec la base de l'écaillage.
- Les bords des creux du côté intérieur du rail et à la hauteur de la surface de roulage sont légèrement déformés et aplatis. De la limaille fraîche et un copeau frais et long de ± 7 cm et large de ± 1 mm sont retrouvés dans le cœur.
- L'âme et le champignon montrent une fissure sous un angle de 45° par rapport à l'horizontal et deux trous ont été forés dans l'âme de part et d'autre de la fissure.
- Les traverses et fixations sont en bon état.
- Il n'y a aucune trace apparente de défauts de l'appareil.
- Il n'y a aucune trace de déraillement sur l'aiguillage.

3.4.1.3. LES TRACES DE DÉRAILLEMENT DANS LA VOIE

Les deux aiguillages parcourus consécutivement sont la TJD 02AI/03I et l'aiguillage simple 02BI qui forment une courbe en S, suivi de l'aiguillage simple 04AI.

Zone 1 zone de l'AW02BI

Premier point de déraillement (photo 3.4.1/3a)

Environ 10 m avant la pointe de l'aiguillage 02BI, au kilométrique 120.535, les traces d'un premier déraillement sont visibles:

- aucune trace de montée de boudin de roue sur le flanc de l'aiguille gauche;
- 2 griffes parallèles de ± 80 cm sur le champignon de l'aiguille fermée : traces de roulement du sommet causées par les boudins de roues;
- au côté opposé, un boulon d'attache de crampon est cassé, et l'écrou manque.

Environ 8 m avant la pointe de l'aiguillage 02BI

- côté gauche : trace de roue sur le patin de l'aiguille fermée et sur les têtes des tirefonds (photo 3.4.1/3a)
- côté droit trace de chute de roue(s) entre l'aiguille ouverte et la contre-aiguille sur les têtes des tirefonds (photo 3.4.1/3 b) et écailles de peinture provenant d'un plateau de tampon



Photo 3.4.1/3 a) et b): POD (point of derailment) les premières traces sur l'aiguillage 02BI

Environ 4 m avant la pointe de l'aiguillage 02BI (photos 3.4.1/3 a et b)

- traces de roues sur l'éclisse de la pointe de l'aiguille fermée,
- traces de roues sur l'éclisse de pointe de l'aiguille ouverte.



Zone 2, zone entre les AW02BI et 04AI



photo 3.4.1/3 c) déripage de la voie

Dérilage de la voie à partir de la pointe d'aiguillage et sur ± 6 m, écart de 0 à ± 10 cm vers la droite.



Photo 3.4.1/3 d): emplacement de l'écrou de fixation de plateau de butoir

Un écrou de fixation de plateau de butoir est retrouvé dans la voie.

Escalade, second point de déraillement

Environ 6 m avant la pointe de l'aiguillage 04AI : trace d'escalade sur le flanc du fil gauche de la voie A, sur le champignon puis sur les têtes de tirefond côté extérieur de la voie (photo 3.4.1/3 e).



Photo 3.4.1/3 e) second déraillement



Photo 3.4.1/3 f): second déraillement (marque jaune)

Au côté opposé des traces de roue l'intérieur de la voie A sur les têtes des tirefonds du fil de droite (photo 3.4.1/3 f).

Le déraillement escalade et 3.5 m avant l'aiguillage 04AI, une seconde trace apparaît dans la voie A (photo 3.4.1/3 f).

Zone 3, zone de l'AW04AI

En début d'aiguillage :

- traces sur la pointe de l'aiguille ouverte;
- traces sur les traverses, à gauche de l'aiguille ouverte;
- traces sur le plateau glissoir et les têtes de tirefond qui les fixent sur les traverse;
- trace dans la voie A à gauche de l'aiguille ouverte, longeant l'aiguille ouverte à ± 20 cm de celle-ci et déviant vers la gauche sans toucher l'aiguille ouverte

Côté fil gauche, la trace sur les tirefonds se poursuit en déviant vers la gauche.

Zone 4, zone de l'AW04AI à l'avant de la voiture 11



Photo 3.4.1/3 g : la fin des traces jusqu'à l'arrière de l'E507

- Traces de roues à partir du raccord entre l'AW 04AI et la TJD 05/AI/04BI à cheval sur le rail de gauche, s'arrêtant au bogie arrière de la v12.
- Traces de roues à cheval sur le rail de droite, s'arrêtant au bogie avant de la v12.
- Rails déformés à la hauteur du contre-rail ainsi que sur le raccord avec la TJD 05AI/04BI.
- La double trace se prolonge passé l'aiguillage AW 04AI dans le ballast, à gauche de la voie, sur les traverses et à droite de la voie.



Photo 3.4.1/3g 1e : la fin des traces jusqu'au lieu de la collision

A côté de la v12 et une troisième trace apparaît qui mène aux roues avant droites de la v11, les roues arrière restant sur le rail.

3.4.1.4. ETUDE DU SYSTÈME D'ENREGISTREMENT DU MATÉRIEL ROULANT

Les données du train E507 sont enregistrées de façon électronique par un enregistreur de type TELOC AS V 2.21 et peuvent être analysées à l'aide d'un logiciel spécialisé.

Le jour de l'accident, la bande de données TELOC est saisie par l'expert judiciaire.

L'OE a accès aux données en juin 2011.

Fonctionnement du système d'enregistrement

Diverses observations préalables sont à faire :

- les enregistrements sont toujours faits en régime heure d'hiver.
- les procédures SNCB pour le calibrage du système Teloc 2200 sont reprise dans le document SNCB TR42.3.
- l'accélération et la vitesse ne sont pas mesurées directement mais calculées à partir de données temporelles (horloge) et d'une moyenne sur le comptage du nombre de tours de roue (distance parcourue). Les données ne sont enregistrées que lorsqu'il y a une variation de la vitesse de 5% (DBR ou Déviation Before Recording).
- les informations sur la traction ou le freinage ne donnent aucune information sur les forces appliquées, seulement une information I/O : freinage/traction «oui ou non»
- le système TELOC continue d'enregistrer des données après l'arrêt du train.
- malgré l'arrêt du train la décélération enregistrée est de $0,11 \text{ m/s}^2$.
- l'horloge accuse un retard d'environ 8 min 53 secondes.

Le tableau 2 ci- dessous montre les données 'bande Teloc' depuis le départ à Liège :

Sur le graphe :

- la vitesse du train en fonction de l'heure;
- l'accélération du train en fonction de l'heure;
- les impulsions provenant de la voie et enregistrées au passage par le train.

Enregistrement de signaux digitaux du matériel roulant

- TRACTION (I/O), commandes données par le conducteur;
- FREINAGE (I/O), commandes données par le conducteur et freinage automatique;
- FU_VA (I/O), activation du freinage d'urgence veille automatique;
- FU_CG_<2.5BAR (I/O), freinage d'urgence suite à une perte de pression de la conduite générale.

Le système TELOC ne permet pas l'enregistrement de toutes les commandes ou impulsions. Pour des détails sur les commandes, il faut donc analyser la courbe de vitesse, tenant compte de l'imprécision des enregistrements.

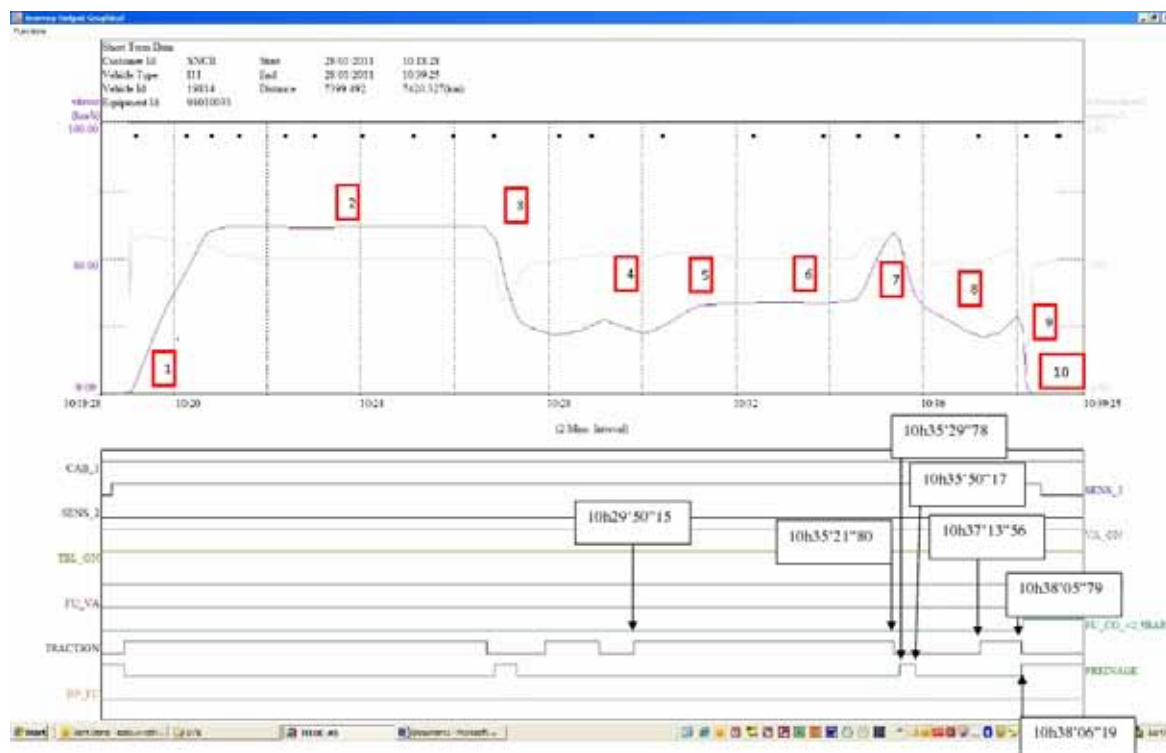


Tableau 4 : Relevé des enregistrements TELOC, trajet Liège Pepinster du 28/1/2011

	Heure	Durée	Position **	Vitesse (km/h)	Action	
	10h19'05"		Liège - Guillemins	0	départ	
1	10h19'05" - 10h20'50"	1'45"		0 ↗ 120	traction	accélération de 0 à 100km/h
2	10h20'50" - 10h26'45"	5'55"		= 120	traction	
	10h26'45" - 10h26'56"	11"		= 120	nil	
3	10h26'56" - 10h27'24"	28"	approche zone travaux	120 ↘ 52	freinage	
	10h27'24" - 10h27'57"	33"	zone travaux	52 ↘ 38	Nil	ralentissement par gravité
	10h27'57" - 10h29'07"	1'10"	zone travaux	38 ↗ 42	traction	correction de vitesse
	10h29'07" - 10h29'50"	43"	zone travaux	42 ↘ 38	nil	ralentissement par gravité
5 6 7	10h29'50" - 10h35'22"	5'32"	sortie zone travaux	38 ↗ 95	traction	avec 2 périodes d'accélération de 40 à 60km/h et de 60 à 95km/h
	10h35'22" - 10h35'30"	8"		= 95	nil	
8	10h35'30" - 10h35'50"	20"	approche de la gare de Pepinster	95 ↘ 57	freinage	
	10h35'50" - 10h37'14"	1'24"		57 ↘ 33,4	nil	ralentissement par gravité
9	10h37'14" - 10h38'05"	52"	Pepinster	33,4 ↗ 46,27	traction	Correction de vitesse
10	10h38'06"			rupture conduite générale	freinage d'urgence	ralentissement jusqu'à l'arrêt total du train

Tableau 5 : Analyse du trajet du 28/1/2011, données ART, Teloc et PSS (plan de signalisation schématique)

Dans la première colonne du tableau 5 les points de passage encadrés de rouge dans le tableau 4.

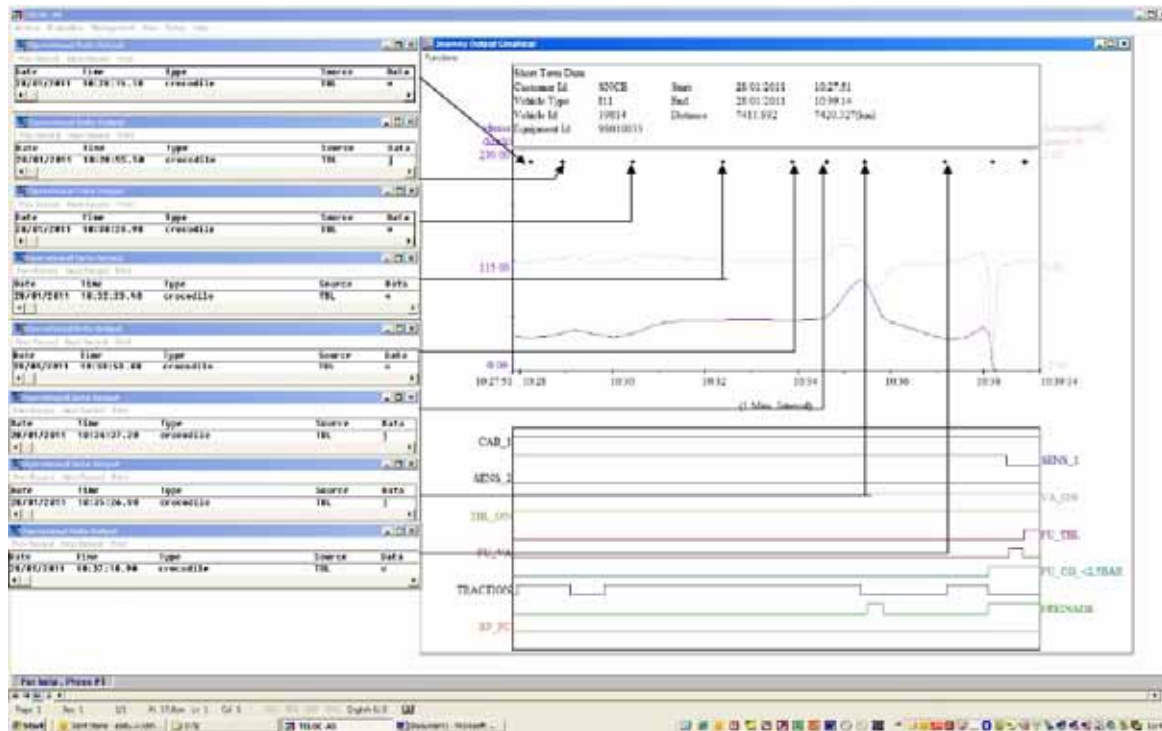


Tableau 6: Relevé des enregistrements TELOC, trajet Liège Pepinster, zoom 28/1/2011 à partir de 10h27

Dans la zone des travaux, la vitesse du train est limitée à 60 km/h.

Après les travaux la vitesse du train augmente jusqu'à à une vitesse d'environ 100km/h.

Le conducteur rencontre le signal BX1189 (BK 118.880), signal avertisseur du signal CX-I.53. Ce signal présente un jaune vert horizontal.

A l'aspect VJH, le conducteur doit régler sa vitesse de manière à respecter la vitesse réduite à prendre en compte (40 km/h) au premier appareil de voie en aval du signal suivant, le signal CX-I.53. Le conducteur pointe sa vigilance et entame un freinage. Le train ralentit jusqu'à moins de 40km/h avant même son passage au signal CX-I.53.

Le conducteur rencontre le signal CX-I.53 ouvert (vert) présentant une réduction de vitesse de 40km/h et le chevron annonçant au conducteur un changement de régime.

Le train passe de la contre-voie (voie B) à la voie normale (voie A).

La vitesse de 40 km/h doit être respectée à partir du premier aiguillage rencontré (AW01BI) précédant les aiguillages 02AI/03AI.

L'enregistrement TELOC indique le passage sur le crocodile du signal CX-I.53 : à cet instant, la vitesse du train est de 33,42km/h . La vitesse du convoi augmente de 33.42 km/h à 46km/h en 52 secondes.

Au moment de la perte de contrôle de l'aiguillage, la vitesse du convoi est estimée à 42 km/h.

De l'étude de l'enregistrement TELOC (tableau 4), on constate que l'accélération se déroule en deux phases.

La vitesse du convoi maximum enregistrée avant le freinage d'urgence est de 46 km/h.

3.4.2. LE MATÉRIEL ROULANT

3.4.2.1. COMPOSITION DES TRAINS E507 ET E5680

Le tableau, ci-dessous, montre l'emplacement des voitures tel que constaté le jour de l'accident

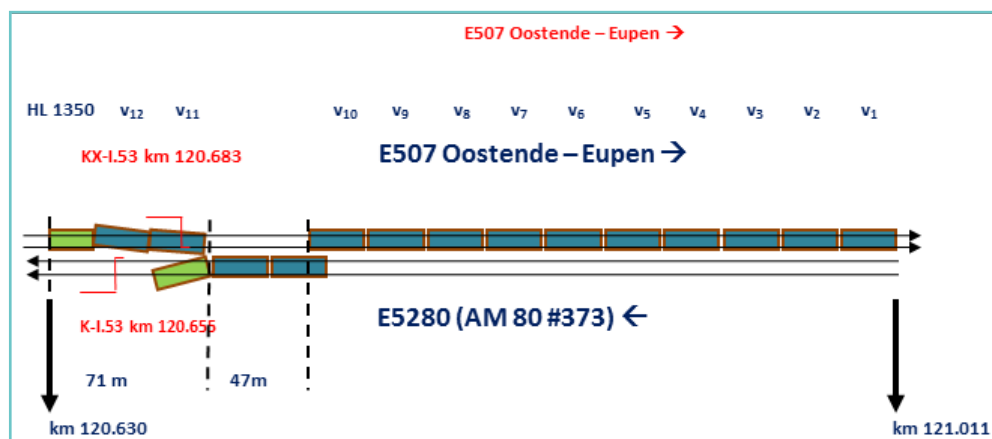


Figure 6 : la position des trains après l'accident

Le train E507 est composé de 12 voitures et d'une locomotive :

- 1 voiture pilote (v1) de type I11 BDX: équipée de plateaux de butoir (tampons) type E à l'avant, de type D à l'arrière avec un renfort soudé à l'arrière
- 8 voitures de type I11 (v2 à v9) équipées de plateaux de butoir (tampons) type D à l'avant et à l'arrière avec un renfort soudé à l'arrière
- 2 voitures de type I10 Kmod (v10 et v11) équipées de plateaux de butoir (tampons) type A à l'avant et à l'arrière
- 1 voiture de type I11 (v12) équipée de plateaux de butoir (tampons) type D à l'avant et à l'arrière avec un renfort soudé à l'arrière
- la locomotive HL 1350

En mouvement poussé la locomotive se trouve à l'arrière et le conducteur à l'avant du train dans le poste de conduite de la voiture pilote. La composition du train a été modifiée plusieurs fois durant le mois précédant l'accident, notamment pour des raisons de maintenance de voitures.

Depuis le 28 décembre 2010 et jusqu'au 26 janvier 2011, deux voitures d'un type I10Kmod avaient été introduites dans la composition, en queue du train entre des voitures type I11.

La composition du jour de l'accident était en place depuis le 26/01/2011.

3.4.2.2. INVESTIGATIONS DES TAMPONS

Convention : dans l'exposé qui suit, toutes les positions de plateaux sont par rapport au sens du mouvement du train.

Inspections visuelles

Voiture v10, immatriculée 12757, de type I10 Kmod

La voiture 10 est équipée de 4 tampons avec plateaux de type A.

- Les tampons et plateaux à l'avant sont intacts.
- Le plateau du tampon arrière droit est partiellement arraché de son support, le coin inférieur côté gauche est replié vers l'arrière et des griffes sont visibles sur le bord et à l'arrière du plateau.
- Il y a également des traces de coup côté droite et sur le bord extérieur droit du plateau.
- Deux boulons ressortent et leurs écrous de fixation manquent (à l'arrière).



Photo 3.4.2/1 Plateau de butoir arrière droit v10



Photo 3.4.2/2 Plateau de butoir arrière gauche v10

Le plateau du tampon arrière gauche montre des traces de chocs sur le bord inférieur droit.

Voiture v11, immatriculation 12755, type I10 Kmod

La voiture 11 est équipée de 4 tampons avec plateaux de type A.
Le plateau de tampon arrière gauche est intact.

L'extrémité gauche du plateau du tampon avant droit est déchirée et repliée en arrière sous un angle de 90°. Le profil de renfort soudé à l'arrière en bas du plateau de butoir retient le morceau déchiré.

Il y a des griffes sur le bord supérieur du plateau de tampon et sur la partie repliée : ces griffes correspondent au sens du mouvement du train. Les boulons de fixations du plateau de butoir sont intacts.



Photo 3.4.2/5 Plateau de butoir avant gauche v11



Photo 3.4.2/5 Plateau de butoir avant gauche v11

Le tampon avant gauche est déformé, et montre des traces d'éraflures à l'arrière du plateau de butoir.
Le plateau est partiellement arraché de son support. Un écrou de fixation manque à l'arrière.

Le plateau de tampon arrière droit a le coin inférieur droit replié dans le sens du mouvement du train. La peinture sur la face arrière a éclaté, il y a des rayures sur le bord et deux coups à l'arrière du bord.



Photo 3.4.2/4 Plateau de butoir avant droit v11

Voiture v12 immatriculation 12828, type I11

La voiture 12 est équipée de 4 tampons avec plateaux de type D.



Photo 3.4.2/7 tampon cassé avant gauche de la v12

Le plateau de tampon avant gauche est cassé en deux morceaux. Un morceau reste attaché au tampon, l'autre morceau est retrouvé dans les rails à la hauteur du point où la voiture v12 s'est arrêtée.

Les tampons arrière gauche et droit ont subi des coups et sont déformés suite au contact avec la locomotive. Il n'y a pas de traces au verso des plateaux de tampon.



Photo 3.4.2/6 tampon arrières v12



Photo 3.4.2/8 plateau de tampon avant gauche v12 lors de l'analyse en laboratoire

Analyse de laboratoire du plateau cassé de la voiture v12

Une analyse de la cassure de ce plateau a été demandée au laboratoire indépendant d'analyse B-Holding.

Dans son rapport, le laboratoire indique que :

- la ligne de rupture passe par 2 points faibles du plateau (flèches)
- le métal est plus dur que spécifié dans le CDC (Cahier des Charges) donc plus cassant
- à l'arrière du plateau, en bas, un profil de renforcement est soudé sur le plateau de butoir : ce profil n'est pas repris dans les plans
- le creux circulaire est plus profond que spécifié
- rien ne permet de supposer que le plateau était fissuré avant la collision

et conclut que la rupture est due à une surcharge.

Il n'y a pas traces de mariage de butoir à l'arrière du plateau de tampon.

Détermination des dimensions et positionnement des plateaux de tampons

L'Organisme d'Enquête a vérifié la conformité des plateaux de butoir à la réglementation en vigueur.

Sur base de la Norme UIC 527-1 et de ses formules, la SNCB a représenté graphiquement celle-ci sur le plan 100-6-235 M (ci-dessous figure7) permettant de déterminer de façon pratique la largeur minimale des plateaux de tampons en fonction de l'empâtement du véhicule et de la distance du pivot de bogie au plateau de tampon.

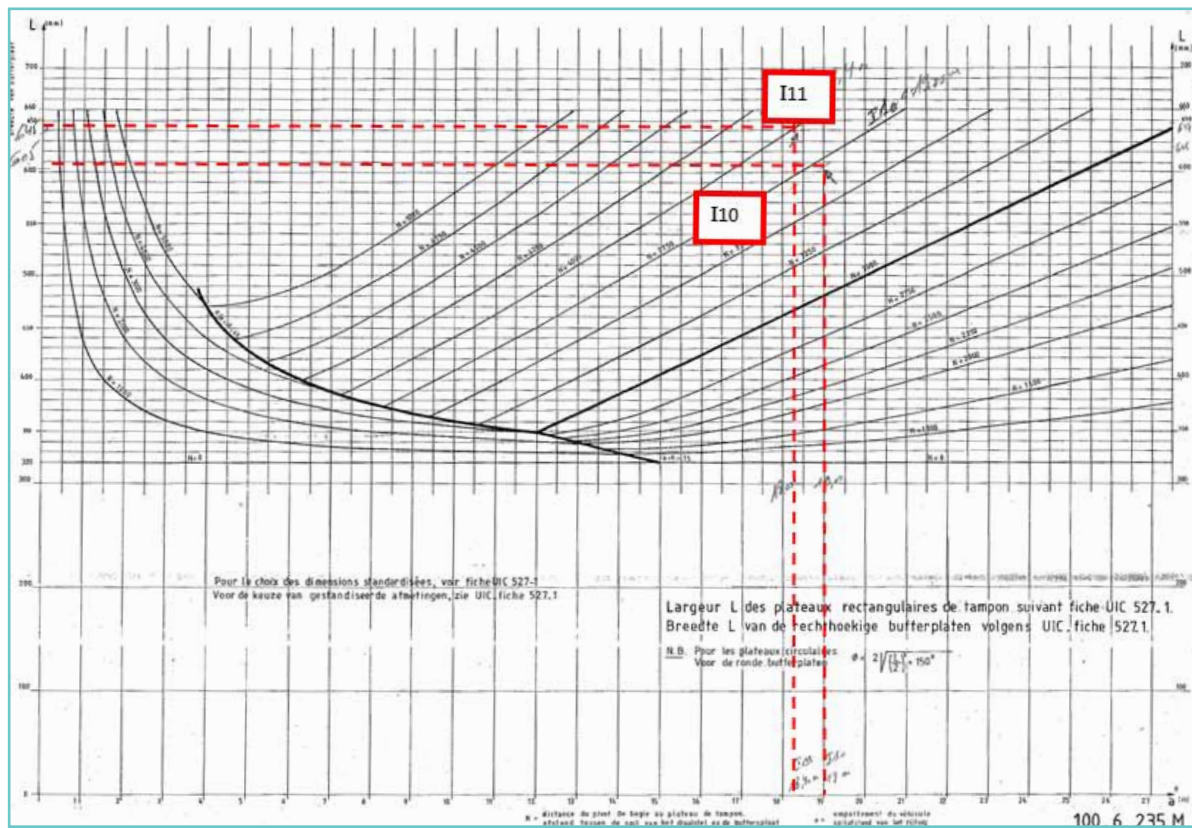


Figure 7: plan 100-6-235 M

Le plan C – 6 – 073M (SNCB – ‘Tampon de choc’) reprend les différents types de plateaux de tampons en exploitation en fonction du matériel roulant.

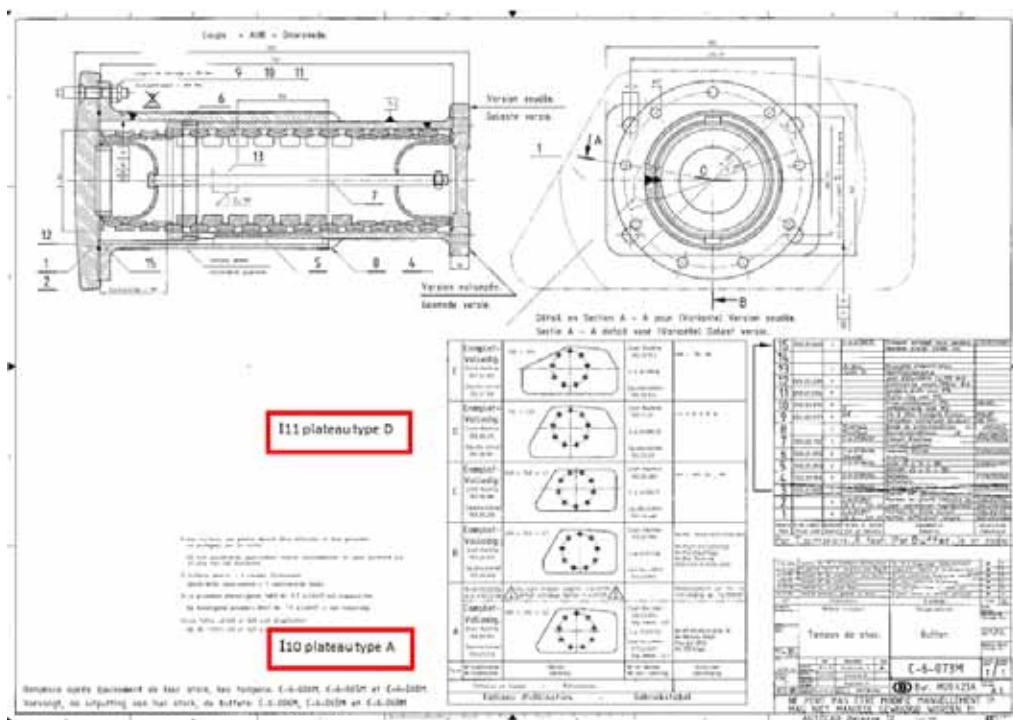


Figure 8: plan C – 6 – 073M

En comparant la largeur du plateau au graphe de la figure 7, l'étude confirme qu'ils se trouvent dans les normes UIC.

Contrôle de la largeur des plateaux de tampons:

Le contrôle sur place des dimensions de plateaux de butoir et la vérification de conformité avec les plans démontrent que la largeur des plateaux de tampons est conforme aux tolérances SNCB et aux normes UIC et que les plateaux installés, tant sur la voiture I10 que de la voiture I11, présentent une réserve de largeur (respectivement de 55 mm et de 65 mm par rapport aux normes UIC) : selon la Norme UIC 527-1 et dans les conditions de base (c.à.d. courbe en S pure de rayon de 190 m, sans alignement et écartement 1458 mm) le recouvrement minimal de deux plateaux en contact lors de circulation est de 25 mm.

voiture type	empâtent sur plan	porte-à-faux pivot - plateau sur plan	type - largeur selon C-6-073M	largeur min. du plateau selon 100-6-235M	Mesures largeur plateaux
I10Kmod	19,00 m	3700 mm	A - 660 mm	+/- 605 mm	660 mm
I11	18,40 m	4000 mm	D - 710 mm	+/- 645 mm	710 mm

Vérification sur place

Vérification de la hauteur des tampons:

La vérification sur les 3 dernières voitures (v10 en v11 type I10Kmod, v12 type I11) a été réalisée sur base des rapports de visite les plus récents et précédent le 28/1/2011. Vu les dégâts et déformations causés par l'accident une vérification sur ces 3 voitures après l'accident aurait faussé l'étude.

voiture				mesures hauteur h des tampons en mm				
# réf.	type	date visite	hmin	1	2	3	4	hmax
12828	I11	9/12/10		arrière	arrière	avant	avant	
v12			1040	1050	1055	1045	1035	1065
12755	I10	21/5/10		avant	avant	arrière	arrière	
v11			1020	1048	1052	1050	1051	1065
12757	I10	03/11/10		avant	avant	arrière	arrière	
v10			1040	1060	1060	1035	1040	1065

fiches de mesure GTOR

Selon les normes UIC, la hauteur maximale des tampons est de 1065 mm en cas de roues neuves et véhicule non chargé et la hauteur minimale des tampons est de 980 mm en cas de roues usées et charge maximale). Les tolérances absolues (UIC) sont bien respectées.

La SNCB a mis en place une procédure de suivi interne pour s'assurer que les valeurs mesurées des roues restent en conformité avec les normes UIC.

Les valeurs des hauteurs de tampons à un temps sont comparées à des valeurs cibles internes à la SNCB et sont enregistrées afin de permettre une gestion de la maintenance et assurer une traçabilité.

Lors des enregistrements, les opérateurs et/ou les responsables peuvent ainsi visualiser l'évolution des valeurs mesurées.

3.4.2.3. VÉRIFICATIONS DES ROUES

Vérification des écartements entre les faces internes des roues d'un essieu:

voiture			Mesures écartement E_i en mm					
# réf.	type	visite	$E_{i_{min}}$	1-2	3-4	5-6	7-8	$E_{i_{max}}$
12828	I11	9/12/10		arrière	arrière	avant	avant	
V_{12}			1357.5	1360.0	1360.1	1360.1	1360.1	1363.0
12755	I10	21/5/10		avant	avant	arrière	arrière	
V_{11}			1357.5	1359.3	1360.2	1359.3	1359.4	1363.0
12757	I10	03/11/10		avant	avant	arrière	arrière	
V_{10}			1357.5	1359.1	1359.8	1359.6	1359.3	1363.0

fiches de mesure GTOR

Les écartements de roues sont conformes aux normes UIC ainsi qu'aux valeurs cibles SNCB, qui sont plus sévères que les normes UIC et qui permettent une évaluation de l'état des roues.

Vérification des hauteurs de boudin

voiture			Hauteur du boudin H_b en mm									
# réf.	type	visite	$H_{b_{min}}$	1	2	3	4	5	6	7	8	$H_{b_{max}}$
12828	I11	25/10/10		arrière		arrière		avant		avant		
V_{12}			27	28.0	27.8	29.5	29.5	28.0	28.0	28.0	28.0	36
12755	I10	16/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V_{11}			27	27.7	27.9	27.8	27.8	28.4	28.3	28.4	28.1	36
12757	I10	03/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V_{10}			27	28.4	28.3	28.2	28.5	28.2	28.1	28.2	28.2	36

fiches de mesure GTOR

Les hauteurs des boudins sont conformes aux normes UIC ainsi qu'aux valeurs cibles SNCB, qui sont plus sévères que les normes UIC et qui permettent une évaluation de l'état des organes.

Vérification des épaisseurs de boudin

voiture			Épaisseur du boudin E_b en mm									
# réf.	type	visite	$E_{b_{min}}$	1	2	3	4	5	6	7	8	
12828	I11	25/10/10		arrière		arrière		avant		avant		
V_{12}			>27	30.5	30.2	30.6	30.5	30.7	30.7	30.7	30.7	
12755	I10	16/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V_{11}			>27	30.0	30.0	29.4	30.0	31.0	30.8	31.2	30.8	
12757	I10	03/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V_{10}			>27	30.1	30.3	30.3	30.3	30.2	30.0	30.3	30.0	

fiches de mesure GTOR

Les épaisseurs des boudins sont conformes aux normes UIC ainsi qu'aux valeurs cibles SNCB, qui sont plus sévères que les normes UIC et qui permettent une évaluation de l'état des organes.

Vérification du profil de boudin

voiture			Qr en mm									
# réf.	type	visite	Qr _{min}	1	2	3	4	5	6	7	8	
12828	I11	25/10/10		arrière		arrière		avant		avant		
V ₁₂			>6.5	10.8	10.9	10.9	10.8	10.9	10.9	11.1	11.1	
12755	I10	16/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V ₁₁			>6.5	10.5	10.6	10.6	10.6	10.9	11.4	11.0	10.9	
12757	I10	03/11/10		avant		avant		arrière		arrière		
V ₁₀			>6.5	10.5	10.8	10.7	10.8	10.8	10.9	11.0	10.9	

fiches de mesure GTOR

Les profils des boudins sont conformes aux normes UIC ainsi qu'aux valeurs cibles SNCB, qui sont plus sévères que les normes UIC et qui permettent une évaluation de l'état des organes.

Vérification des écartements des faces actives des roues d'un essieu

Voiture				Calcul des écartements Ea en mm				
# réf.	type	visite	Ea _{min}	1-2	3-4	5-6	7-8	Ea _{max}
12828	I11	9/12/10		arrière	arrière	avant	avant	
v ₁₂			1410	1420.7	1421.2	1421.5	1421.5	1426
12755	I10	21/5/10		avant	avant	arrière	arrière	
v ₁₁			1410	1419.3	1419.6	1421.1	1421.4	1426
12757	I10	03/11/10		avant	avant	arrière	arrière	
v ₁₀			1410	1419.5	1420.4	1419.8	1419.6	1426

fiches de mesure GTOR

Les écartements des faces actives sont conformes aux normes UIC.

La SNCB confirme également que les diamètres de roues sont dans les valeurs cibles SNCB, qui sont plus sévères que les normes UIC et qui permettent une évaluation de l'état des organes.

3.4.2.4. MAINTENANCE DU MATÉRIEL IMPLIQUÉ

N° voiture	61 88 21 90 057-7	61 88 21 90 055-1	61 88 20 90 028-9
Position dans la rame	10	11	12
Examen limité	25/01/2011	25/01/2011	25/01/2011
Examen général	04/01/2011	04/01/2011	14/01/2011
Visite complète	09/11/2010	25/11/2010	10/01/2011

Données SNCB

Les trois voitures impliquées dans le déraillement ont subi les visites ou examens tels que prévu.

3.4.2.5. VÉRIFICATIONS DES ORGANES D'ATTELAGE

Les attelages des voitures I10 et I11 sont exécutés de la même manière et selon le schéma ci-dessous.

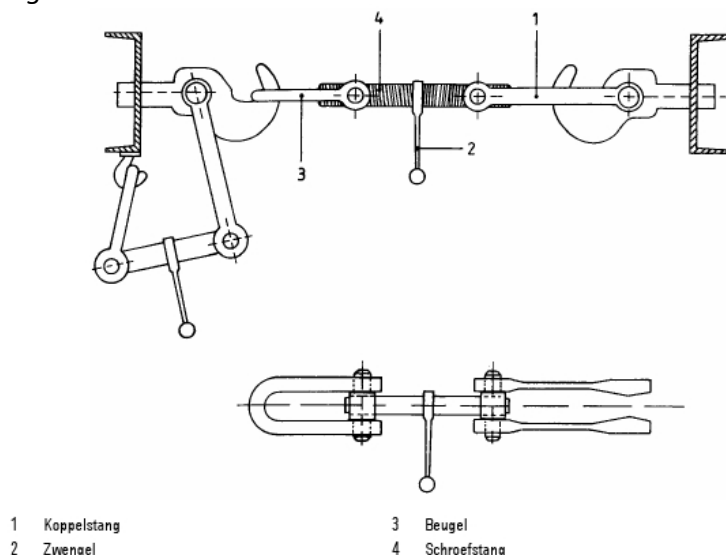


Figure 9 : attelage I10 selon "Bedieningsvoorschriften 02/1 rev. 1 2010/10/1"

Dans certaines conditions, des bagues d'écartement sont prévues. Les bagues d'écartement sont des dispositifs mécaniques permettant d'éviter des serrages excessifs des accouplements. Un serrage excessif provoque des chocs dans la rame et est cause d'usure accélérée des plateaux de butoir

Voitures v1 à v9

A l'avant du train toutes les voitures sont du type, I11 : les attelages sont similaires et les tendeurs sont pourvus de bagues d'écartement.



Photos 3.4.2/9 et 10 : Attelages v9 et v7 avant: attelages avec bagues de limitation de serrage (exemples)

Voiture v10, type I10 Kmod

A l'avant la v10 est attelée à la v9, la vis de tendeur n'est pas munie de bagues d'écartement, le tendeur est entièrement serré et la manivelle est inclinée sous un angle de 135°.

A l'arrière le tendeur n'est pas muni de bagues d'écartement et est serré asymétriquement, la manivelle est orientée vers le bas et est bloqué. Il y a des traces de chocs sur la bielle et tendeur déformé.



Photo 3.4.2/11 : Attelages v10 avant sans bagues Photo 3.4.2/12 : Attelages v10 arrière bagues

Voiture v11, type I10 Kmod

Attelage avant : le tendeur non utilisé, non muni de bagues d'écartement.



Photos 3.4.2/11: Attelage v11 avant sans bagues

À l'arrière la vis de tendeur n'est pas munie de bagues d'écartement, la manille est positionnée symétriquement et avec écart.

Voiture v12, immatriculation 12828, type I11



Photos 3.4.2/13: Attelage v12 avant avec bagues

À l'avant de la dernière voiture la vis de tendeur est pourvue de 2 bagues d'écartement.
Il n'y a pas de traces de choc sur le bloc de guidage.

À l'arrière de la dernière voiture la vis de tendeur est pourvue de 2 bagues d'écartement.
Lors de l'inspection sur place la manille reposait dans son crochet sous la voiture.



Photo 3.4.2/14 : attelage v12 avec bagues

Locomotive 1350

À l'avant de la locomotive la tige du crochet d'attelage, la manille et la bielle sont pliées.
La vis de tendeur est positionnée symétriquement et il reste du jeu entre la bielle et la manivelle au centre de la tige.
Il n'y a pas de traces de choc sur les faces verticales à gauche et droite de l'ouverture du bloc de guidage. Par contre les bords horizontaux sont légèrement déformés.



Photo 3.4.2/15 les dégâts à l'avant de la 1350

Etude des instructions voiture I10

Dans le dossier «Bedieningsvoorschriften – Koppeling tussen de rijtuigen - Technische documentatie I10», (document 02/1, révision du 01/10/2010), les bagues d'écartement sont absentes.

Dans le dossier «Onderhouds- en herstellingsdossier I10 – 02 trek- en stootuitrusting – 02 Preventief onderhoud», (document 02-02/13 révision 20 du 15/10/2011) au point «5.4 controle van de schroefkoppeling », les bagues d'écartement sont absentes.

Dans le dossier «Onderhouds- en herstellingsdossier I10 – 02 trek- en stootuitrusting – 01 beschrijving en werking», (document 02-01/13 révision 20 du 15/10/2011) au point «3. Voorschriften koppelingen van rijtuigen», les bagues d'écartement sont reprises.

Le risque de désaccouplement par serrage insuffisant des tendeurs est identifié dans ce dossier. Après l'accident des dossiers ont été complétés et certains documents revus mentionnent l'utilisation de bagues d'écartement sur les voitures I10.

Lors de divers interviews le fabricant confirmé avoir recommandé à l'entreprise ferroviaire l'utilisation de bagues d'écartement.

L'entreprise ferroviaire déclare avoir modifié le cahier de charges des voitures I11 après les premières livraisons) et avoir prescrit des bagues d'écartement pour la livraison des voitures de type I11 et I6 également.

L'entreprise ferroviaire insiste sur le fait les voitures de type I10 et I11 sont utilisées pour des transports internationaux et doivent répondre aux normes UIC, mais que les normes UIC ne mentionnent pas les bagues d'écartement et que par conséquent elles ne sont pas autorisées.

3.4.2.6. LES BOGIES ET LE BAS DE CAISSE

L'inspection du bas de la caisse de la voiture 12757 réalisée à Cuesmes en collaboration avec la SNCB n'a pas révélé de détails particuliers complémentaires que ceux mentionnés.

3.4.2.7. INVESTIGATIONS DES AMORTISSEURS ANTILACETS

Amortisseur antilacet voiture V10

Lors de l'inspection de la voiture v10 le 23/8/11 à Mechelen il a été constaté que les 4 amortisseurs de la voiture v10 avaient été montés conformément aux consignes.

Amortisseur antilacet voiture V11

Lors de l'inspection de la voiture v11 le 9/9/11 à Cuesmes il est constaté que les amortisseurs ne sont pas montés conformément aux consignes :

côté arrière gauche, roues 2 – 4	côté avant gauche, roues 6 – 8 :	côté avant droit, roues 5 - 7 :	côté arrière droit, roues 1 – 3 :
<ul style="list-style-type: none"> - supports intacts - amortisseur détaché côté bogie - amortisseur intact 	<ul style="list-style-type: none"> - support côté bogie plié - amortisseur attaché côté bogie et côté caisse - axe de la rotule de l'amortisseur côté caisse plié 	<ul style="list-style-type: none"> - supports intacts - amortisseur attaché côté bogie et côté caisse - axe amortisseur plié et réservoir écrasé 	<ul style="list-style-type: none"> - supports intacts - amortisseur attaché côté caisse - amortisseur intact

Remarques :

- 2 amortisseurs avaient été partiellement démontés pour permettre l'évacuation de la voiture
- les traces sur les supports indiquent que 4 amortisseurs de la voiture v11 avaient été montés de la même façon
- tous les amortisseurs sont de type KONI 02R-1287
- l'amortisseur antilacet des voitures de type I11 ont été montés tels que décrits dans le document « Werkinstructies Horizontale Schokdempers 02R-1287 566.05.300 », OL Mechelen, Afdeling Rem, révision 1 du 3/5/2001



Photo 3.4.2/16 montage non conforme d'un amortisseur antilacet

Sur la photo 3.4.2/16, la tige de fixation de l'amortisseur antilacet est fixée à gauche de son point d'attache côté bogie alors qu'elle aurait dû être fixée à droite, sur la rondelle d'écartement.

Vérification du montage des amortisseurs de la v11

Selon le plan 673-2-125M les amortisseurs d' doivent être montés :

- à l'intérieur du support côté caisse (1)
- et à l'extérieur du support côté bogie (2),
- sous un angle de $8^{\circ}24'$ par rapport à l'horizontal,
- les fixations des rotules sont inclinées de 5° par rapport à la verticale

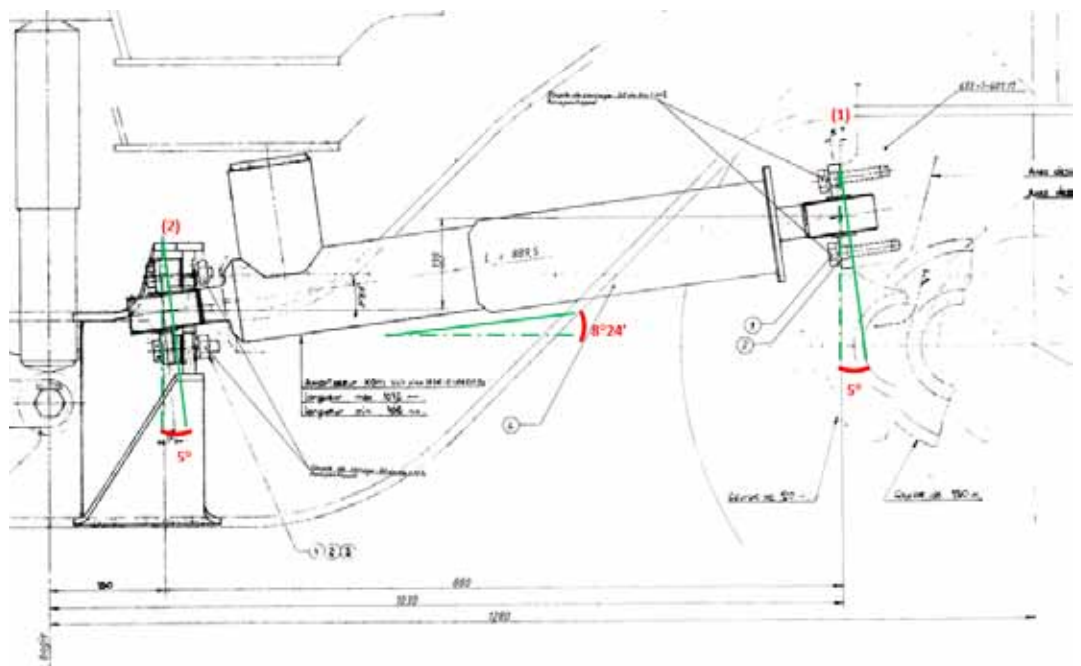


Figure 9 : Plan 673-2-125M pour le montage des amortisseurs antilacets

Contrôle du montage des amortisseurs

Les 4 amortisseurs de la voiture v11 ont été montés de la même façon :

- côté caisse (1) :
 - la rotule est fixée aux supports prévus à ce but côté châssis,
 - l'axe de la rotule est incliné de 5° par rapport à la verticale
 - le montage est conforme au plan
- côté bogie (2) :
 - la rotule est fixée au support prévu à ce but côté bogie,
 - l'axe de rotule est monté verticalement
 - le montage n'est pas conforme puisque le plan prévoit une inclinaison de 5° de l'axe de la rotule par rapport à la verticale
 - l'amortisseur est incliné $\pm 8^\circ$ par rapport à l'horizontal, conformément au plan

Mesures sur v11	Min.	Montage théorique	Mesuré	Max.
Longueur amortisseur	706 \pm 2 mm	889 mm	845 mm	1076 \pm 2 mm
Distance entre les supports		889 mm	895 mm	
Inclinaison rotule bogie		$\pm 5^\circ$	$\pm 0^\circ$	
Inclinaison rotule caisse		$\pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$	
Inclinaison amortisseur	1°	$8^\circ 24'$	$\pm 8^\circ$	



Photo 3.4.2/17 Amortisseurs : en vert le montage selon plan, en rouge le montage réel

Afin de les monter de cette façon, les 4 amortisseurs de la voiture v11 ont dû être comprimés de 40 mm. Ceci implique également que l'axe de rotule côté bogie a dû être monté avec une précontrainte de 5° .

L'Organisme d'Enquête a vérifié si la compression des amortisseurs et la précontrainte sur les axes de rotule auraient pu perturber le fonctionnement des amortisseurs ou auraient pu causer des détériorations aux amortisseurs.

Simulation théorique du fonctionnement des amortisseurs de la voiture v11

Une simulation théorique d'un passage d'une voiture de type I10 dans une courbe de 215 m démontre que - malgré la compression de 40 mm - il reste suffisamment de place pour permettre un libre mouvement du piston. Par conséquent la compression de 40 mm n'a eu aucune influence sur le fonctionnement des amortisseurs.

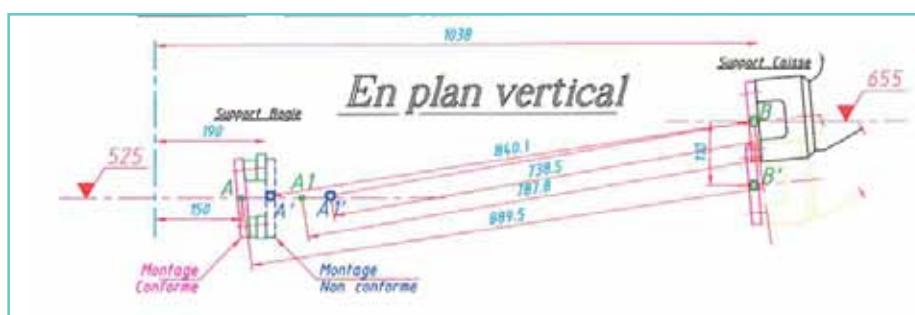


Figure 10 : simulation théorique épure verticale de l'inclinaison de l'amortisseur lors de passage dans une courbe

Pendant l'exploitation, lors d'un passage dans une courbe, la précontrainte sur l'axe de la rotule augmente ou diminue en fonction de la position du bogie et de l'inclinaison de la caisse. La contrainte est fonction de la vitesse et du rayon de la courbe. Pour éviter une détérioration accélérée de la rotule ou des frictions anormales entre le piston et sa chambre, la contrainte maximale autorisée par le fabricant est de 12°.

Selon la simulation théorique et dans une courbe de 215 m, une inclinaison de la caisse de 10° aurait donné une contrainte de 15° dans la rotulesupérieure aux 12° autorisés par le constructeur.

Test des amortisseurs de la voiture V11 au banc d'essai

En collaboration avec la SNCB, des tests ont été réalisés sur le banc d'essai KONI à Mechelen afin de déterminer si le montage non conforme avait causé des dégradations aux amortisseurs antilacet.

Un test sur le banc d'essai a été effectué le 12/10/2011 en présence de l'Organisme d'Enquête selon les Instructions de travail CW Mechelen, Afdeling Rem (Instructions de travail, Révision 1, document du 03/5/01 pour les réparations, contrôle et tests des amortisseurs horizontaux).

Les tests consistaient à mettre les amortisseurs sous contrainte en les comprimant et étirant à une vitesse de 0.01 m/s. Les résultats obtenus sont repris dans la figure 10 ci-dessous.

Inspection visuelle interne

Les amortisseurs intacts (positions 6-8 et 5-7, arrière v11) n'ont pas été ouverts pour inspection interne.

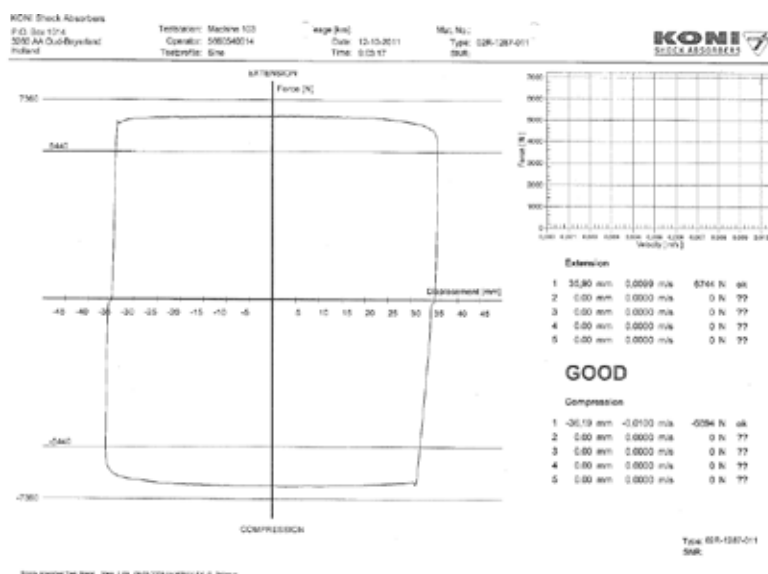
L'amortisseur en position 1-3 ne montrait aucune trace d'usure anormale.

La tête de piston de l'amortisseur position 2-4 était griffé et il y a des traces d'éléments étrangers (peinture et composites entre les segments racleurs) ainsi que dans le réservoir.



Photo 3..4.2/18 Amortisseur, tête de piston rayé

Figure 11 Résultats du banc d'essai



Position	Montage	inspection visuelle externe	test sur banc d'essai KONI	test manuel de la rotule	inspection visuelle interne
Avant gauche	Non conforme	axe plié	bon	bon	bon
Avant droite	Non conforme	bosse dans le cylindre, réservoir percé et écrasé	test impossible	bon	Tête de piston griffé corps étrangers dans réservoir
Arrière gauche	Non conforme	intact	bon	bon	bon
Arrière droite	Non conforme	intact	bon	bon	bon

L'analyse démontre que les amortisseurs -même comprimé de 40 mm- fonctionnent toujours dans les limites (707+2/-3 – 1076+3/-2 mm) des conditions d'utilisation du fabricant, ceci lors d'un passage sur une courbe de 215 m.

3.4.2.8. MODIFICATION DES VOITURES TYPE I10 KMOD

La SNCB opère un service commercial avec des voitures du type I10 RIC sur le réseau ferroviaire belge jusqu'à une vitesse de 160 km/h. Ces voitures étaient en service avant l'entrée en vigueur des STI.

Le 19/11/2007, l'entreprise ferroviaire SNCB s'informe auprès du SSICF des exigences pour obtenir l'autorisation de mise en service de ces voitures des lignes à grande vitesse, c'est-à-dire pour une vitesse maximale de 200 km/h.

Une des exigences est de modifier les amortisseurs. Cette modification était prévue à l'origine par le constructeur.

En 2009, une première voiture de référence est modifiée : il s'agit de la voiture portant l'immatriculation 12757 qui est la voiture position 10 dans la composition du train déraillé.

Cette voiture est modifiée dans les ateliers de la SNCB. Elle est ensuite soumise à une série d'essais en date du 29/11/2009.

Le dossier de modification incluant le rapport d'essais, est transmis à Belgorail pour examen.

Belgorail ne participe pas aux divers essais.

Le 8/7/2010 Belgorail atteste de la conformité de type (Attestation de Conformité 1615/SB/10/RST/08200MR-2).

Les voitures I10Kmod ont été homologuées le 6 août 2010 par le SSCIF, après examen de l'évaluation réalisée par Belgorail et mises en service pour la première fois.

L'organisme d'enquête constate que l'attestation de Belgorail comportait une erreur de référence des types de voitures, cependant sans conséquences dans le cadre de l'accident.

3.4.2.9. MODIFICATIONS DANS LES ATELIERS DE LA SNCB

La voiture v11 déraillée et entrée en collision avec le train à l'arrêt est une voiture de type I10K-mod portant l'immatriculation 12755.

Elle a également été modifiée dans les ateliers de la SNCB.

Lors de l'enquête il a été constaté que l'équipe de monteurs qui a travaillé à la transformation de la v11 avait reçu un briefing oral pour les interventions à réaliser dont le montage des amortisseurs antilacets.

Les amortisseurs antilacet de type KONI 02R-1287 sont commandés et livrés 'sur mesure', c'est-à-dire que les amortisseurs sont livrés avec un écartement entre les tiges de montage qui correspond à la distance entre les points d'attache sur le matériel roulant. Ceci est nécessaire vu que la compression ou l'étirement de ce type d'amortisseur demande des forces importantes et ne peut se faire que sur un banc de travail adapté.

Selon les déclarations obtenues, les amortisseurs antilacet de la v11 avaient été montés comme sur les voitures dites quadruples qui sont équipées de points d'attache semblables mais pas identiques aux points d'attache prévus sur les voitures de type I10.

Par conséquence et pour permettre le montage les ouvriers ont dû mettre les amortisseurs sur un banc de travail afin de les comprimer.

Lors de l'inspection de la voiture v11 dans l'ateliers de Cuesmes, l'Organisme d'Enquête a obtenu un dossier « Description et Fonctionnement » des bogies (01A-01/27 Rév.18 du 24/5/10) décrivant les spécificités pour les I10Kmod : ce document est prévu dans les procédures ISO. Ce document n'existait pas dans les ateliers où ont été transformées les voitures. Des procédures de contrôle écrites et à jour n'étaient pas présentes.

3.5. DOCUMENTATION DU SYSTÈME OPÉRATOIRE

3.5.1. MESURES PRISES PAR LE PERSONNEL POUR LE CONTRÔLE DU TRAFIC ET LA SIGNALISATION

Information reprise dans le BNX

Infrabel a informé les parties concernées des travaux planifiés via

- le BNX 3H1-49438-11 et
- le schéma ART-BTS 037.408.10 (+ errata).

Depuis le 28/12/10, la voie A est mise hors service suite aux travaux peu avant la gare de Pépinster et le train roule à contre-voie (voie B).

Après avoir passé la gare de Pépinster, le train regagne la voie B en passant sur les aiguillages 02AI/03AI et 02BI.

Les travaux impliquent le respect de plusieurs limitations de vitesse différentes sur une distance de 7 km.

L'Avis de Ralentissement Temporaire, l'ART 037.408.10, pour les travaux en cours à la hauteur d'Olné est porté à la connaissance du conducteur au livre d'ordres n°1. Le conducteur de l'E507 signe une liste pour prise de connaissance.

Passé les travaux, le train E507 est entré en gare de Pépinster à la faveur du signal BX1189 présentant le vert jaune horizontal. Le train a ensuite franchi le signal CX-I.53 de sortie de gare imposant restriction de vitesse à 40 km/h pour un changement de régime, c.à.d. le passage sur les aiguillages qui mènent le train de la voie A à la voie B. Il s'agit d'une limitation de vitesse permanente.

Le conducteur est informé de modifications aux ART par erratum et signe une liste pour prise de connaissance (erratum n° 1 et 2).

Le livre d'ordre n° 1 ainsi que le livre d'ordre n° 2 (infos sur les modifications de PSS) ou livre d'ordre n°3 (infos sur les modifications au livret HLT) doivent être consultés les conducteurs tous les jours avant le début de la journée de travail.

Le conducteur est en possession d'un schéma ART-BTS 037.408.10 erratum 2 avec indications de l'emplacement des travaux, panneaux d'indications de vitesse temporaires, balises KVV, ...

Le conducteur est informé en début de semaine des travaux prévus sur les voies par le TCT Oostende de travaux sur la ligne 37 par un document valable pour la semaine du 24/1 au 30/01 2011. Ce document mentionne les travaux à la hauteur d'Olné et est posé dans le bac à courrier personnel du conducteur (le projet SEMES n'a pas encore débuté).

3.5.2. ÉCHANGE DE MESSAGES VERBAUX EN RELATION AVEC L'ÉVÉNEMENT, Y COMPRIS LA DOCUMENTATION PROVENANT DES ENREGISTREMENTS

Rien n'est à signaler.

3.5.3. MESURES PRISES POUR PROTÉGER ET SAUVEGARDER LE SITE DE L'ÉVÉNEMENT

Un périmètre de sécurité a été établi par la Police des Chemins de Fer. Cependant des agents Infrabel circulent librement sur le site de l'accident. Des objets sont déplacés sans but précis, sans autorisation ou instructions particulières pendant que les enquêteurs réalisent leur enquête.

Une pièce à conviction (morceau de plateau de tampon brisé) est récupérée sans que l'endroit où elle a été trouvée n'ait été photographié, voire l'emplacement exact n'ait été noté.

3.6. INTERFACE HOMME-MACHINE-ORGANISATION

3.6.1. TEMPS DE TRAVAIL DU PERSONNEL IMPLIQUÉ

Le conducteur du E507 est un conducteur expérimenté qui a suivi toutes les formations requises. Le jour de l'accident, il est en possession de :

- une licence valable jusqu'au 21/3/2013
- une attestation valable de connaissance de ligne
- une attestation valable de connaissance de matériel.

Lors de sa formation, le conducteur est formé à la réglementation dont font partie les limitations de vitesses, de même que les limitations de vitesse temporaires.

Le conducteur assure régulièrement le service Oostende – Welkenraedt et a été informé par écrit (ART - Livre d'Ordres n°1) des limitations de vitesse temporaires qui lui sont imposées le long des travaux à la hauteur d'Olné.

L'Organisme d'Enquête a vérifié l'emploi du temps, la charge de travail, des antécédents et habitudes mais n'a pu établir aucun lien entre ces éléments et les événements du jour de l'accident.

3.6.2. CIRCONSTANCES MÉDICALES ET PERSONNELLES AYANT INFLUENCÉ L'ÉVÉNEMENT, Y COMPRIS L'EXISTENCE DE STRESS PHYSIQUE OU PSYCHOLOGIQUE

La reprise de son service après plusieurs jours de suspension suite au dépassement de signal en décembre aurait pu exercer un stress s sur le conducteur.

La présence de travaux le long de la voie, impliquant immanquablement des retards sur les horaires habituels du train auraient également pu exercer un stress, même si ces retards étaient annoncés : les voyageurs et le conducteur en étaient informés.

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

3.6.3.1. AUGMENTATION DE LA VITESSE

Le conducteur de train gère la vitesse du train en actionnant un stick de vitesse. En inclinant son stick vers l'avant le conducteur donne une commande à la traction.

Dans un mouvement poussé, les forces de traction sont exercées par la locomotive sur la voiture qui précède. Ensuite ces forces sont transmises par les tampons de voiture en voiture : les tampons doivent pour cela entrer en contact et en fonction de la longueur du train, plusieurs secondes peuvent s'écouler avant que la compression du train ne soit complète.

En cas de mouvement poussé, le conducteur de train assis à l'avant ressent un léger choc lorsque les tampons entre les deux voitures de tête se compriment. Le conducteur sait qu'à partir de ce moment le train est prêt à accélérer.

Le conducteur attend ce dernier choc pour entamer la seconde phase de l'accélération : il donne une nouvelle commande par le biais de son stick vitesse en inclinant un peu plus le stick. C'est cette nouvelle commande qui doit résulter en une accélération plus ou moins puissante en fonction de l'inclinaison donnée au stick.

Cette procédure est utilisée par les conducteurs par exemple pour :

- le confort des voyageurs,
- pour ne pas causer de dégâts au matériel roulant (attelages, butoirs, ...),
- pour éviter de patiner.

Le conducteur explique avoir procédé de cette façon pour maintenir la vitesse de son train lors du passage dans la gare et avoir limité la commande de traction afin de gérer la vitesse lors du passage sur les aiguillages.

Remarques

- quand les tampons des différentes voitures sont déjà en contact et comprimés, la première commande à la traction résulte immédiatement en une accélération,
- le conducteur ne ressent pas nécessairement toujours le choc indiquant que le train est prêt à accélérer,
- quand une commande est faible le train n'accélère pas nécessairement : la première et la seconde commande peuvent résulter en un maintien de la vitesse uniquement.

3.6.3.2. DISTANCE PARCOURUE

Le panneau de vitesse de référence permanent marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de référence de la ligne 120 km/h. Le conducteur peut relever sa vitesse pour autant que le dernier véhicule ait dépassé ce panneau.

Il n'existe pas d'indication claire pour signifier au conducteur que le dernier véhicule de son train a dépassé ce panneau. En conséquence, les conducteurs utilisent des astuces pour estimer la distance parcourue. Une d'elles consiste à se repérer grâce aux poteaux de caténaires. Sachant que la distance entre 2 poteaux est de 40m, le conducteur peut compter le nombre de poteaux après que la tête de son train soit passée devant un repère. Il peut ainsi calculer une distance équivalant à la longueur de son train et estimer le moment où la queue de son train passe devant ledit repère.

Le jour de l'accident, le conducteur a confirmé utiliser cette astuce et qu'il comptait le nombre de poteaux de caténaire franchis lorsque le freinage d'urgence est survenu (6 poteaux de caténaire après le panneau de vitesse de référence à la sortie de la gare de Pépinster).

3.6.3.3. INFORMATIONS À LA DISPOSITION DU CONDUCTEUR

Au début de son service, le conducteur de l'E507 trouve dans le poste de conduite le document E286 qui l'informe de la composition du train.

La prise de fonction d'un conducteur débute par la prise de connaissance des documents BNX, ART ou errata aux ART (travaux en cours et limitations de vitesse) ... qu'il trouve au bureau du CTC. Il confirme la prise de connaissance par la signature d'un registre. Par conséquent conducteur était bien informé de limitations de vitesses auxquelles il était soumis le jour de l'accident.

Le conducteur est informé des limitations de vitesse par la signalisation en place :

- avant la gare de Pépinster un signal VJH annonce une limitation de vitesse;
- en gare, un grand signal indique la limitation de vitesse à respecter lors du changement de régime;
- passé la gare de Pépinster la signalisation reste inchangé : le panneau de vitesse de référence.

3.6.3.4. PONCTUALITÉ

Le temps de parcours est calculé à partir des vitesses de référence de la ligne parcourue. Il appartient au conducteur de gérer la vitesse du convoi pour respecter le temps de parcours et les heures d'arrêt prévues dans les diverses gares.

3.6.4. RECONSTITUTION DE L'ACCIDENT

Une simulation pratique a eu lieu, en présence de l'expert judiciaire, les mouvements entre deux voitures de type I10 ont été filmés lors de passages sur des courbes en S dans la jonction Nord-Midi.

Le train d'essai n'a pas été autorisé à aller jusqu'à l'infrastructure de Pépinster. L'infrastructure dans la jonction Bruxelles Nord – Bruxelles Midi a donc été utilisée comme tracé similaire pour l'essai.

L'organisme d'enquête n'a pas été informé. La reconstitution a été filmée et une copie nous a été fournie.

3.6.4.1. LES SIMULATIONS DE COMPORTEMENT DE BUTOIRS

Selon la SNCB, le but n'était pas de reproduire l'accident de Pépinster mais de s'assurer que les investigations théoriques se vérifiaient en réalité et qu'une exploitation en conformité avec les prescriptions de sécurité était assurée.

L'analyse a montré un recouvrement de 70 mm dans des conditions locales de Pepinster. De ce fait, la SNCB a décidé de poursuivre l'exploitation en rame réversible avec I11 et I10.

Cependant, la reconstitution ne s'est pas déroulée dans les mêmes conditions d'exploitation identiques:

- la composition du matériel n'était pas la même: 2 voitures I10 au lieu d'une combinaison I10/I11,
- les aiguillages n'étaient pas du même type qu'à Pépinster,
- sans accélération,
- la composition des plateaux de butoir est de type A en contact avec le type D,
- il n'a pas été tenu compte du serrage des différents attelages.

Des simulations théoriques et graphiques ont été faites pour déterminer la surface de contact entre les plateaux de butoir de deux voitures accouplées et lors d'un passage dans une courbe en S.

Les conditions d'exploitation sont normales dans une configuration de voiture de type I10 et I11. Les deux voitures sont équipées de plateaux de butoir type A (largeur 660 mm) et les courbes en S avec rayons respectifs $R1 = R2 = 215$ m.

Il a été tenu compte d'une insuffisance de dévers de 90 mm, ce qui correspond à une vitesse de 40 km/h. Les premier et dernier bogies sont positionnés en ligne droite, les deux autres bogies dans la courbe et contre-courbe. La mise en crabe est maximale.

Il en résulte que la surface de contact entre des plateaux de butoirs est réduite à 70 mm lors du passage dans la courbe.

Comparaisons entre différentes bandes TELOC

L'Organisme d'Enquête a fait un échantillonnage au hasard pour vérifier le comportement de différents conducteurs de train roulant sur la L37 afin de déterminer leur comportement à la hauteur du panneau de vitesse de référence 120 km/h. Ces parcours sont effectués sans changement de régime : les convois roulent sur la voie A.

Conducteur	vitesse (km/h) de passage à Pepinster	temps (s) entre CX-I.53 et accélération	distance (m) parcourue	distance (m) après panneau 120 km/h	respect règles
1	97,29	41	1131	872	oui
2	101,54	69	1950	1691	oui
3	±100	pas d'accélération	-	-	oui
4	±95	pas d'accélération	-	-	oui
5	101,95	30	849	590	oui
6	97,61	24	369	110	non
7					

En fonction des études et calculs réalisés par l'OE, il semble qu'un conducteur a accéléré trop tôt, c.à.d. avant que l'entièreté du convoi ne soit passé le panneau de référence de vitesse. Ce type d'étude n'est pas effectué par l'entreprise ferroviaire.

3.7. EVÉNEMENTS ANTÉRIEURS DE NATURE COMPARABLE

3.7.1. AMSTERDAM CENTRAAL

Déraillement d'un train voyageurs à Amsterdam Centraal le 15/8/2005. Le train était composé de 12 voitures en mouvement poussé. La locomotive était conduite à partir du poste de conduite à l'avant du train et la dernière voiture déraille lors du passage sur les aiguillages avec un petit rayon et de sens opposé et sans alignement.

Le conducteur de train a accéléré avant que la fin du convoi n'ait quitté les aiguillages.

L'enquête n'a pas pu déterminer s'il y avait un lien entre le comportement des butoirs et le déraillement.

Le rapport conclut que l'entreprise ferroviaire avait estimé à tort que l'exploitation dans des conditions proches des limites de déraillement était sans risques et que les modèles de simulation ne sont pas à la hauteur pour évaluer d'une façon tout à fait fiable des situations du genre.

3.7.2. STUTTGART

Déraillements de trains voyageurs à Stuttgart le 30/9/10, 24/7/12 et 29/9/12 lors du passage sur 2 aiguillages formant un courbe et contre-courbe à rayon réduit de l'ordre de grandeur de 200 m.

Dans les trois cas, les trains étaient en mouvement poussé et roulaient à vitesse réduite ,inférieure à 40 km/h.

La cause des trois déraillements serait une combinaison de différents facteurs ayant causé un mariage de butoir entre des voitures de longueurs différentes (le wagon-restaurant mesurant 1.1 m de plus que les voitures adjacentes).

4. ANALYSE ET CONCLUSIONS

4.1. COMPTE RENDU FINAL DE LA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS

Le vendredi 28 janvier à 7h42, le train de voyageur (E507) quitte la gare d'Oostende à destination d'Eupen dont l'arrivée est prévue 10h47. Le train E507 est composé de 12 voitures et est poussé par une locomotive de type 13.

Après un arrêt prévu, le train E507 quitte la gare de Liège à 10h19 (avec un retard de 11 minutes). Il emprunte la voie A de la ligne 37 direction Verviers-Central où il est attendu à 10h25.

Dans le sens opposé, à 10h23, le train E5280 Verviers-Central – Liège-Palais, qui circule sur la voie B, est retenu devant le signal K-I.53, 300 m avant l'entrée de la gare de Pépinster, attendant le passage du train E507.

A la hauteur de la gare d'Olné, et suite à des travaux dans les tunnels entre Olné et Pépinster, le train E507 est dirigé vers la voie B (contrevoie) : le conducteur ralentit et passe dans la zone des travaux à une vitesse d'environ 40 km/h (la vitesse maximum autorisée est de 60 km/h).

Passé la zone de travaux, le train accélère et atteint une vitesse d'environ 90 km/h (la vitesse maximum autorisée est de 100 km/h). Le conducteur rencontre le signal BX1189 vert jaune horizontal et entame un freinage. Le signal BX1189 est le signal avertisseur du signal CX-I.53 et indique qu'une restriction de vitesse est imposée au signal suivant.

A 10h28m17s, train passe sur le crocodile du grand signal d'arrêt CX-I.53, la vitesse du train est de 34,08 km/h. Au-dessous du signal CX-I.53, le chiffre 4 est illuminé indiquant au conducteur que la vitesse maximum autorisée est de 40 km/h.

A 10h28m20s, soit 3 secondes après le passage de la tête du convoi au signal CX-I.53, la vitesse du train est diminuée à 33,42 km/h, le conducteur donne une commande à la traction.

A 10h28m59s, le Blok EBP enregistre une perte de contrôle de l'AW 02BI. C'est à cet endroit que les premières traces d'un déraillement sont visibles. Le conducteur est toujours en train de donner une commande à la traction. La vitesse est d'environ 42 km/h \pm 5% (DBR, marge d'erreur du système d'enregistrement).

La vitesse du train continue d'augmenter (46 km/h) jusqu'au moment où un freinage d'urgence est initié par la vidange de la conduite générale.

La perte du contrôle de l'aiguillage correspond au premier point de déraillement qui se situe sur l'aiguille gauche de l'aiguillage, c'est à dire du côté extérieur de la courbe.

Au côté opposé, les roues tombent entre le rail et l'aiguille ouverte. Des éclats de peinture provenant d'un plateau de butoir sont retrouvés à cet endroit.

En fonction des données récoltées et de notre analyse, notre scénario le plus probable est qu'une augmentation de l'accélération intervient alors que le train se trouve dans la courbe en S formé par deux aiguillages. Lors de l'augmentation de l'accélération, le mouvement poussé crée d'importantes forces latérales, suffisantes pour provoquer un soulèvement des roues, entraînant un premier déraillement et provoquant un (début de) mariage de butoirs entre les voitures en position 10 et en position 11.

L'aiguille fermée, les éclisses aidant, oblige les roues déraillées à remonter sur la voie: le choc résultant déforme la voie.

Après l'aiguillage 02BI survient un second déraillement et un mariage de butoir entre les voitures 10 et 11. La voiture 11 sort du gabarit de la voie A. Le nouveau mariage de butoir empêche la mise en ciseau de la voiture en position 11.

A 10h29m13s, la voiture en 11ème position prend en écharpe l'automotrice AM 373 du train E5280 à l'arrêt sur la voie A.

Le choc est violent. La collision arrête brutalement les 2 dernières voitures v11 et v12 ainsi que la locomotive 1350 de l'E507.

Les 10 premières voitures se détachent de l'arrière du train et s'arrêtent au km 121, laissant un vide de 50 m entre les 2 parties du train.

Le tamponnement entre les voitures en position 11 et 12 provoque la rupture du plateau de butoir avant gauche de la voiture 12.

L'attelage entre les voitures 10 et 11 se décroche, le câble d'alimentation est rompu et la conduite générale est déconnectée : un freinage d'urgence est enclenché.

La collision endommage sérieusement la cabine du conducteur de l'automotrice AM80 à l'arrêt. L'automotrice à l'arrêt est poussée hors de la voie et recule d'environ 10 m.

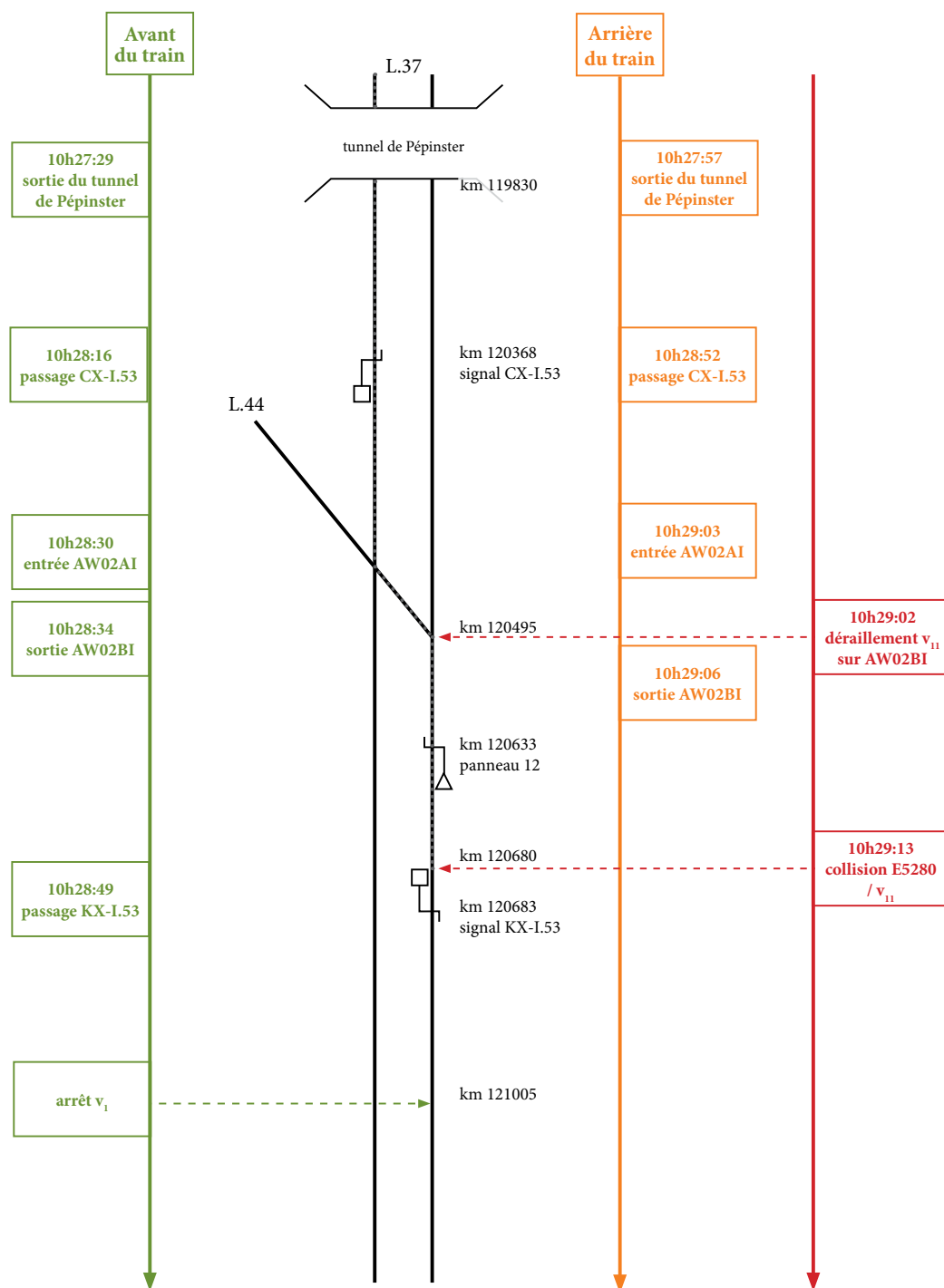
Lors de l'accident, seul le conducteur du train E5280 est blessé légèrement à la main. 9 passagers sont transportés pour examen à l'hôpital de Verviers et quittent l'hôpital le jour même.

L'accident a causé des dommages au matériel roulant et à l'infrastructure ainsi que des retards sur le réseau ferroviaire.

4.2. DISCUSSION

4.2.1. LA LIGNE DE TEMPS

L'analyse des enregistrements EBP et des enregistrements «Teloc» permet de reconstruire la ligne de temps de temps comme suit.



4.2.2. IDENTIFICATION DES PRINCIPES DE SÉCURITÉ ASSOCIÉS À LA SITUATION OPÉRATIONNELLE

Dans le chapitre qui suit, les principes qui préviennent une perte de contrôle sont les «Principes de maîtrise».

Lorsqu'une perte de contrôle a eu lieu, une récupération peut survenir par les «Principes de récupération».

Lorsqu'un accident a lieu, les «Principes de mitigation» permettent d'atténuer les conséquences de l'accident.

La situation opérationnelle rencontrée par le conducteur du train 507 est le passage du train sur une courbe en S, formée par deux aiguillages, à vitesse réduite.

4.2.2.1. LES PRINCIPES DE SÉCURITÉ

Pour traverser les aiguillages de façon sécurisée en fonction des risques identifiés par le gestionnaire d'infrastructure et par l'entreprise ferroviaire les maîtrises sont :

- Maîtrise 1 : l'infrastructure est conforme aux prescriptions pour une exploitation sûre
- Maîtrise 2 : le matériel roulant est adapté et conforme aux prescriptions
- Maîtrise 3 : la signalisation impose une restriction de vitesse
- Maîtrise 4 : le conducteur connaît et respecte la signalisation latérale
- Maîtrise 5 : le conducteur respecte la vitesse imposée dans les aiguillages
- Maîtrise 6 : le conducteur gère efficacement l'augmentation de la vitesse

Une commande à la traction est donnée 3 secondes après le passage du signal CX-I.53 : le train s'engage dans la courbe en S. Nous considérons l'accélération comme l'événement pivot qui marque le point de perte de contrôle de la situation.

4.2.2.2. PRINCIPES DE RÉCUPÉRATION

Récupération 1 : le conducteur se rend compte que le train déraile et déclenche un freinage d'urgence.

Le conducteur ne se rend pas compte qu'une partie du train a déraillé. Il poursuit son trajet et la voiture 11 percute l'automotrice immobilisée en voie B devant un signal fermé.

4.2.2.3. PRINCIPES DE MITIGATION

- Mitigation 1 : la conception du matériel roulant protège au maximum les occupants de la collision
- Mitigation 2 : le sur-accident est évité par des mesures efficaces
- Mitigation 3 : l'intervention des secours est rapide et efficace

4.2.3. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT ET DES DYSFONCTIONNEMENTS DES PRINCIPES DE MAÎTRISE

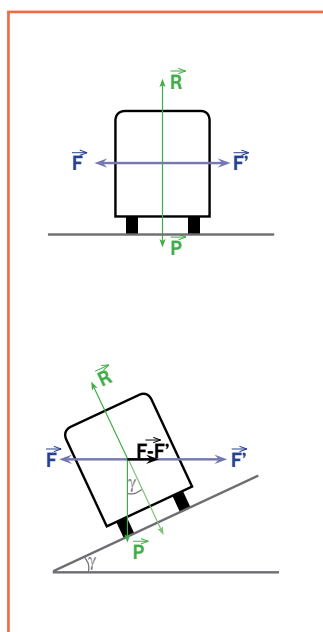
4.2.3.1. L'INFRASTRUCTURE EST CONFORME AUX PRESCRIPTIONS POUR UNE EXPLOITATION SÛRE

L'inspection de la voie

La vérification de la voie et des aiguillages a permis de distinguer clairement les conséquences du déraillement mais n'a pas permis de pointer de défauts qui auraient pu mener au déraillement, voire y contribuer.

Les conditions d'utilisation sont certes proches des limites (courbe et contre-courbe rayon de 215 m, sans alignement) mais conformes aux normes UIC.

Dévers



Un véhicule, qu'il soit train, métro ou voiture, se déplaçant dans un virage, à la vitesse v est soumis:

- à une force F' d'inertie centrifuge: $F' = -m.a$;
- à son poids $P = m.g$ avec g l'accélération de la pesanteur,
- à R la réaction donc $R = -P$
- à une force F de frottement des roues sur les rails

Ainsi on voit bien que le comportement du véhicule, qu'il soit train, métro ou voiture, est fonction d'un équilibre entre les forces latérales F et F' . Si la force d'inertie centrifuge F' augmente le véhicule est déporté

Pour limiter les risques de déraillement, comme dans le cas des routes automobiles pour éviter le dérapage, il est procédé à un relevé du virage de l'extérieur vers l'intérieur; c'est le dévers. Celui-ci est également utilisé pour augmenter le confort des passagers.

D'une manière idéale, il devrait être calculé afin que l'axe soit perpendiculaire à la force composée du poids et de la force centrifuge F' .

Il n'est cependant pas toujours possible de relever le virage. On parle alors d'insuffisance de dévers. La vitesse est réduite pour limiter les risques de déraillement.

Le gestionnaire d'infrastructure veille au respect de la Norme européenne NBN EN 13803-1 qui définit les règles et limites qui déterminent la vitesse admissible pour un tracé de voie donnée.

Réciproquement, elle définit les paramètres de conception du tracé de la voie pour une vitesse admissible donnée.

Dans les aiguillages rencontrés par le train ($R=215$ m) l'insuffisance de dévers à la vitesse limite de 40 km/h est de 90 mm. Les conditions d'exploitation sont conformes aux règles UIC (NBN EN 13803-1).

4.2.3.2. LE MATÉRIEL ROULANT EST ADAPTÉ ET CONFORME AUX PRESCRIPTIONS

Les voitures I10 et I11

Les inspections du matériel roulant et les vérifications de documents ont mené aux constatations suivantes :

- les voitures I10 et I11 sont du type RIC et elles sont conformes aux normes UIC pour ce qui concerne les composants étudiés (bogies, organes de choc, ...)
- les entretiens, visites, inspections nécessaires et prévus ont bien été effectués sur les 3 dernières voitures

Les butoirs et les plateaux de butoirs

Les inspections des organes de choc et les vérifications de documents ont mené aux constatations suivantes :

- les plateaux de butoir sont graissés
- les plateaux de butoirs des voitures en position 10 et 11 sont de types différents et conformes aux normes UIC
- les déformations et autres dommages aux plateaux de butoirs sont les conséquences du déraillement, du mariage de butoirs et/ou de la collision
- le montage des butoirs est conforme aux normes UIC.

Deux valeurs mesurées se situent en dehors de la fourchette de tolérance SNCB mais se situent toujours entre les limites UIC. Lorsque des écarts sont constatés, mais qu'on se situe toujours dans les limites des normes, l'appréciation de la décision de la mise ou maintien en service du matériel relève de la compétence des responsables locaux. Les opérations de maintenance s'intègrent dans le processus global de gestion économique de l'entreprise afin de garder une certaine harmonie entre les opérations de maintenance et l'exploitation du matériel roulant.

Il n'y a aucun lien entre ces constatations et le déraillement.

La compatibilité entre les voitures de type I10 et I11

Les voitures I10 et I11 sont du type RIC : elles sont conformes aux normes UIC. Cela implique que la compatibilité des voitures du même type a été étudiée et garantie par le fabricant.

Les voitures de type I10 et I11 sont de longueurs différentes et ont un porte-à-faux (distance entre l'axe de rotation du bogie et le plateau de butoir) et empattement (distance entre les axes de bogie) différent.

La compatibilité entre les voitures I10 et I11 n'a pas été étudiée par la SNCB: pour la SNCB la compatibilité entre voitures de type RIC est assurée quand les voitures répondent aux normes UIC sans dérogation ou déviation. Ceci a été vérifié par des essais pratiques.

Simulations

A la demande de l'OE, des simulations graphiques et théoriques ont été réalisées par la SNCB et par le fabricant sur la position de plateaux de butoir lors de passage dans une courbe en S. Ces simulations montrent que la surface de contact entre 2 plateaux de butoir est réduite à 70 mm. Ceci est le cas aussi bien pour une configuration de voitures I10 – I11 que pour une configuration I10 – I10. Cette simulation tient compte d'une insuffisance de dévers de 90 mm et d'une « mise en crabe » de la voiture. L'insuffisance de dévers de 90mm correspond à la vitesse autorisée de 40 km/h.

L'insuffisance de dévers augmente avec la vitesse et provoque des mouvements de la caisse et des tampons. De ce fait, la surface de contact entre deux plateaux de butoir sera plus réduite.

De plus, lors du changement d'accélération sur la courbe formée par les aiguillages, les dernières voitures s'entrechoquent et tangent: dans ce cas la surface de contact est réduite à moins de 70 mm.

Conclusion : l'insuffisance de dévers pour une vitesse supérieure à 40 km/h, le mouvement de balancement et la différence de porte-à-faux s'ajoutent et en conséquence, la surface de contact entre les plateaux diminue et disparaît partiellement voire totalement suite aux chocs. On se trouve dans les conditions pour provoquer un mariage de butoirs.

Les attelages

Les attelages reliant les voitures en position 9, 10 et 11 ne sont pas serrés correctement : l'attelage de la voiture en position 10 est trop serré à l'avant et insuffisamment serré à l'arrière (tous les autres attelages sont exécutés conformément aux consignes SNCB).

Un attelage desserré augmente le risque de rupture d'attelage. Ce risque est identifié par la SNCB.

Un attelage insuffisamment serré est probablement une cause aggravante dans la mesure où cet attelage ne compenserait pas les forces exercées lors de l'accélération.

Un attelage trop serré augmente la rigidité de l'attelage par la compression de plateaux de butoir: il peut être non seulement cause d'inconfort pour les voyageurs ou d'usure accélérée des plateaux de butoirs mais de plus, il ne permet pas de compenser correctement des chocs. Ce risque est identifié par la SNCB.

Un serrage excessif est probablement une cause aggravante lors du franchissement des courbes de faible rayon.

Les risques liés à une mauvaise exécution d'un serrage d'attelage sont identifiés.

Des bagues d'écartement sont prescrites par le constructeur et la SNCB afin d'assurer un meilleur serrage et un serrage symétrique des attelages, mais uniquement dans le but d'éviter un serrage excessif. Ce ne sont donc pas des détrompeurs.

Les normes UIC ne prévoient pas l'utilisation de ces bagues d'écartement.

A l'analyse des documents fournis par la SNCB, il est constaté que :

- les règles et instructions internes concernant l'inspection, l'entretien ou le montage ne sont pas uniformes
- ces règles n'expliquent pas toujours les risques d'attelages mal exécutés
- l'utilisation des bagues d'écartement n'est pas reprise systématiquement dans les règlements et instructions de travail

L'identification uniforme et systématique dans la documentation technique et/ou la présence p.e. d'un détrompeur, auraient pu aider à la compréhension et auraient probablement pu aider à exécuter un attelage correctement.

Amortisseurs anti lacets

Les amortisseurs antilacets de la voiture en position 11 n'étaient pas montés correctement.

Des essais sur banc d'essai des amortisseurs ainsi qu'une simulation graphique ont permis de conclure que le montage non conforme des amortisseurs, entraînait une compression de $\pm 40\text{mm}$. Cela laissait suffisamment de jeu dans les cylindres pour permettre un libre parcours des pistons. Cependant à moyen terme ce montage incorrect aurait pu causer l'usure accélérée de la tête de piston et des « silent blocs ».

En fonction de l'analyse des éléments mis à notre disposition, les amortisseurs n'ont pas contribué au déraillement.

4.2.3.3. LA SIGNALISATION IMPOSE UNE RESTRICTION DE VITESSE

Toutes les conditions de signalisation sont respectées et tous les signaux fonctionnent correctement. La vitesse imposée pour le passage dans les aiguillages est de 40 km/h : la limitation de vitesse et la zone d'origine sont annoncées clairement par les signaux BX1189 et CX-I.53.

Une limitation de la vitesse à 40 km/h est imposée pour permettre le passage sur les aiguillages en sortie de gare de Pepinster.

Le risque de déraillement dû à une vitesse excessive dans les aiguillages (une courbe en S) est identifié.

4.2.3.4. LE CONDUCTEUR RESPECTE LA SIGNALISATION LATÉRALE

Ensemble de la séquence :

1. Le conducteur perçoit le signal BX1189 Vert jaune horizontal

- Le signal est visible
- Le conducteur porte attention au signal
- Le conducteur prend conscience que le signal est Vert Jaune Horizontal (VJH)
- Le conducteur réduit la vitesse du convoi

La vitesse réduite est à respecter dès que la tête du convoi atteint l'origine de la zone.

Si sa vitesse nécessite un freinage, il doit commencer au plus tard au panneau ou au signal d'annonce, c'est-à-dire au signal avertisseur BX1189.

Le conducteur traite correctement les informations transmises par la signalisation : il a perçu et interprété correctement la situation, évalue et décide quelle méthode de travail est d'application dans ces conditions. Une fois les données traitées, le conducteur transforme les données en intention et les met en exécution.

Le conducteur règle la vitesse du convoi de manière à respecter la vitesse, il approche la gare de Pepinster à la vitesse d'environ 37 km/h.

2. Le conducteur perçoit le signal CX-I.53

- Le signal est visible
- Le conducteur porte attention au signal
- Le conducteur prend conscience que le signal présente le Vert avec limitation de vitesse
- Le conducteur s'assure que la vitesse limitée est respectée

Le conducteur rencontre le signal CX-I.53 ouvert (vert) présentant :

- une réduction de vitesse de 40km/h via un écran supplémentaire inférieure avec l'indication 4 : la vitesse de 40km/h doit être respectée à partir du premier aiguillage rencontré
- un chevron via un écran supplémentaire supérieur indiquant au conducteur un changement de régime : train passe de la contre voie à la voie normale

Le conducteur voit le signal et poursuit son trajet dans la gare de Pepinster, il ne donne pas d'impulsion de traction et la vitesse diminue jusqu'à 33.42km/h.

3. Le conducteur porte attention au signal CX-I.53

Trois secondes après le passage au signal CX-I.53 il donne une commande à la traction pour « entretenir » sa vitesse.

4. Le conducteur traverse les aiguillages le ramenant de la contre voie B vers la voie normale A.

Le train poursuit son parcours à vitesse quasi constante.

5. Le conducteur perçoit le panneau de vitesse de référence de la ligne

Le panneau de vitesse de référence de la ligne est un panneau vert en forme de triangle équilatéral, pointé vers le haut qui porte le nombre 12 en blanc.

Ce panneau marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de référence de la ligne, 120km/h. Cependant, un mouvement ne peut relever sa vitesse que si le dernier véhicule a dépassé le panneau.

L'avant du train a passé le panneau de vitesse. Le conducteur n'a pas d'information au poste de conduite sur le fait que la dernier véhicule a dépassé le panneau. Le conducteur compte le nombre de poteau caténaire rencontré afin de situer la queue de son convoi. Cette pratique est utilisée par les conducteurs mais n'est pas notifiée dans une procédure écrite par l'entreprise ferroviaire.

4.2.3.5. LE CONDUCTEUR RESPECTE LES LIMITATIONS DE VITESSE

L'analyse des enregistrements TELOC montre que le conducteur a respecté les limitations de vitesse lors du trajet.

La commande d'une accélération se réalise en inclinant sur un stick. L'augmentation de vitesse associée est difficile à estimer. C'est l'expérience et la pratique du conducteur qui lui permettent d'estimer l'inclinaison à appliquer sur le stick et le temps nécessaire.

A la hauteur du signal, il constate que la vitesse de son train est de 33 km/h. Celle-ci continuera à décroître lors du passage sur les aiguillages.

Il donne une commande à la traction pour conserver une certaine vitesse dans les aiguillages. Le conducteur doit tout au long du parcours gérer la vitesse de son train pour se conformer à l'horaire théorique. Cet horaire est établi en fonction des vitesses de références de la ligne.

Pour assurer la ponctualité de son train, il ne peut rouler à des vitesses trop différentes de la vitesse de référence.

La commande à la traction intervient à 10h28:20, alors que le train se déplace la vitesse de 33,42 km/h. Une légère augmentation de vitesse limitée intervient : après 13 secondes, la vitesse enregistrée est de 35 km/h. Il est à noter que le système d'enregistrement n'enregistre pas les vitesses de façon continue mais par palier donnant un certain niveau d'erreur .

Ensuite l'enregistrement Teloc indique une augmentation de l'accélération et au moment où intervient la perte de contrôle de l'aiguillage 02BI, correspondant au déraillement, la vitesse estimée du train est de 42 km/h au lieu de 40 km/h.

Après le déraillement, la vitesse du train continue d'augmenter jusqu'à ± 46 km/h ensuite un arrêt d'urgence se déclenche suite à la vidange de la conduite générale.

4.2.3.6. LE CONDUCTEUR GÈRE EFFICACEMENT L'AUGMENTATION DE LA VITESSE

Dans la phase qui suit, l'enregistreur de vitesse indique une augmentation de l'accélération.

La vitesse augmente et atteint 42 km/h au moment du déraillement à 10h28:59s ce qui n'est pas une vitesse très différente de la vitesse autorisée de 40 km/h.

Dans un mouvement poussé, quand le matériel roule sur une voie en alignement droit et que les attelages restent alignés, les forces de compression longitudinales sont transmises d'une voiture à la voiture suivante le long de l'axe central des voitures, en passant par les butoirs.

Toutefois, quand le matériel roule dans une courbe, chaque attelage forme un angle par rapport à l'axe central des voitures, ce qui fait qu'un effort latéral s'exerce. Lors de l'accélération, les forces mises en œuvre ont produit des forces latérales suffisantes pour provoquer un soulèvement des roues entraînant le déraillement. Le phénomène a probablement été aggravé par un mariage de butoir.

D'après l'inspection de l'aiguillage 02BI, il n'y a pas d'escalade de l'aiguille fermée dans le sens propre du terme puisqu'il n'y a aucune trace sur le flanc du champignon : deux griffes apparaissent soudainement sur le champignon de l'aiguille fermée. Selon notre scénario, les roues de la voiture en position 10 ont été soulevées vers l'extérieur du virage (gauche). L'aiguille fermée de l'aiguillage, les éclisses aidant, oblige les roues déraillées de la voiture en position 10 à remonter sur la voie. Le mariage de butoir entraîne la voiture en position 11 qui tangue et déraille à son tour. Le bogie avant de la voiture en position 11 poursuit son parcours sur les attaches du rail. Les roues sont déviées par l'aiguillage 04AI vers la gauche. Cependant l'attelage avec la voiture 10 l'oblige à croiser cet aiguillage. Le bogie escalade les rails de la voie A et la voiture se met de biais.

Le mouvement est arrêté lorsqu'intervient un second mariage de butoir : probablement que sans celui-ci la voiture se serait mise totalement en ciseau. L'avant de la voiture est dans le gabarit de la voie B.

4.2.4. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT ET DES DYSFONCTIONNEMENTS DES PRINCIPES DE RÉCUPÉRATION

4.2.4.1. LE CONDUCTEUR SE REND COMPTE QUE LE TRAIN A DÉRAILLÉ ET DÉCLENCHE UN FREINAGE D'URGENCE.

Rien ne permet au conducteur de se rendre compte qu'une voiture est déraillée. La vitesse du train continue d'augmenter. Il n'a aucune vue sur les voitures à l'arrière du convoi.

Il rencontre le panneau de vitesse de référence de la ligne. Ce panneau marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de 120km/h. Un mouvement peut relever sa vitesse que si le dernier véhicule a dépassé le panneau.

Afin de s'en assurer, le conducteur compte le nombre de poteaux caténaires avant d'entamer l'accélération.

4.2.5. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT ET DES DYSFONCTIONNEMENTS DES PRINCIPES DE MITIGATION

4.2.5.1. MITIGATION 1 : LA CONCEPTION DU MATÉRIEL ROULANT PROTÈGE AU MAXIMUM LES OCCUPANTS DE LA COLLISION

L'avant de la voiture 11 est fortement endommagé, par chance aucun passager ne se trouvait à cet endroit. La résistance des caisses des véhicules aux sollicitations statiques et dynamiques devrait pouvoir garantir la sécurité exigée pour les passagers et pour le personnel, en cas de collision frontale mais également en cas de prise en écharpe.

4.2.5.2. MITIGATION 2 : LE SUR-ACCIDENT EST ÉVITÉ PAR DES MESURES EFFICACES

Les conducteurs préviennent immédiatement le « traffic control » qui prend les dispositions nécessaires pour éviter le sur accident.

4.2.5.3. MITIGATION 3 : L'INTERVENTION DES SECOURS EST RAPIDE ET EFFICACE

Les services de secours sont intervenus rapidement sur le site de l'accident et organisent l'évacuation des passagers vers la gare. Un service alternatif d'autobus est organisé par la SNCB.

4.3. ANALYSE DU SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ

4.3.1. FORMATION ET RÉGLEMENTATION

L'analyse n'a pas pu mettre en évidence de lacunes au niveau de la connaissance ou de l'aptitude du conducteur. Le conducteur semble posséder une bonne connaissance de la ligne et avoir pris connaissance des documents (ART) mis à sa disposition concernant les travaux sur la ligne.

Le schéma de formation est établi et les conducteurs sont soumis à des formations continues et à des tests réguliers notamment lors des renouvellements de leur licence ou dans le cas de dépassement de signaux.

Le conducteur était bien en possession de sa licence et celle-ci était valide.

Le comportement du conducteur est celui d'un homme de métier apprécié et respectueux de la sécurité et du confort des voyageurs.

Une analyse des règles de signalisation permet de constater qu'au niveau de la formation et des informations délivrées aux conducteurs de train, un accent important est mis sur le respect des limitations de vitesse.

Les informations concernant la «gestion de l'accélération» pour atteindre la vitesse restent limitées. Lors d'interviews de différentes personnes (conducteurs, instructeurs et autres) il ressort que le sujet de l'accélération est traité dans les formations des conducteurs de train et que l'accélération est considérée comme «geste de métier» que 'tout conducteur de train doit connaître' et qui fait partie des 'connaissance du matériel'.

Les procédures écrites se limitent à identifier par exemple :

- le moment où une vitesse peut être reprise
- les problèmes de patinage

Il n'y a pas de restriction concernant une accélération en courbe.

4.3.2. ERGONOMIE

Force est de constater que l'ergonomie du poste de travail du conducteur n'est pas optimum :

- la commande à la traction s'effectue en poussant le stick de vitesse sans que le conducteur ne ressente pleinement les conséquences de cette commande
- le conducteur utilise un «aide-mémoire mnémotechnique» pour déterminer la position de son train par rapport à la signalisation (panneau de référence de la ligne).

Par conséquence tout repose sur la formation du conducteur, ses qualités, sa connaissance de ligne et connaissance du matériel et de son comportement.

4.3.3. LA SUPERVISION DES CONDUCTEURS

Les bandes d'enregistrement des trains sont régulièrement contrôlées au point de vue des dépassements des vitesses de référence en fonction de la ligne mais les enregistrements ne permettent pas un contrôle direct des habitudes des conducteurs sur les accélérations et sur la reprise de vitesse en fonction du panneau de vitesse de référence.

Il est nécessaire de réaliser un calcul du fait de la conception des bandes d'enregistrement :

- la conception du système d'enregistrement ne permet d'avoir une courbe de vitesse continue,
- la conception du système d'enregistrement des voitures type I11 ne permet pas de détecter avec précision l'endroit et le moment où l'accélération a débuté,
- la conception des voitures type I11 ne permet pas de quantifier l'importance d'une accélération.

L'entreprise ferroviaire n'effectue pas ce type de contrôle.

4.3.4. APPRÉCIATION DES RISQUES LIÉS À L'UTILISATION DE BAGUES D'ÉCARTEMENT

Le serrage des attelages des voitures I10Kmod impliquées dans l'accident n'est pas conforme aux instructions.

L'Organisme d'Enquête n'a pas pu déterminer si la mauvaise exécution de certains attelages a eu une influence directe dans les événements, mais l'hypothèse selon laquelle les chocs, provoqués lors de l'accélération et qui ont causé le déraillement, auraient pu être contenus par les attelages ne peut être négligée.

Lors des interviews, le sujet de l'utilisation de bagues d'écartement comme 'détrompeur' ou 'poka yoke' tombe à plusieurs reprises. Dans la situation présente, un détrompeur aurait pu être un dispositif mécanique permettant d'éviter des erreurs de serrage des attelages: bien conçu et correctement utilisé il n'aurait pas permis d'erreurs lors du serrage et attelages.

Les bagues d'écartement n'ont pas été conçues dans ce sens : les bagues d'écartement sont un dispositif mécanique permettant d'éviter un serrage excessif des accouplements uniquement.

Ni les bagues d'écartement ni un système de détrompeur sont prévus dans les normes UIC.

Les dossiers étudiés de la SNCB ne mentionnent pas l'utilisation des bagues de limitation pour tous les types des voitures: les voitures RIC de type I10Kmod impliquées dans le déraillement n'étaient pas équipées de bagues d'écartement parce que les normes UIC n'en prévoient pas l'utilisation. De ce fait les bagues d'écartement ne sont pas acceptées en Allemagne par exemple.

Après l'accident des dossiers ont été complétés et des documents revus mentionnent l'utilisation de bagues d'écartement sur les voitures I10Kmod.

Les nouvelles instructions de la SNCB semblent incomplètes : elles décrivent la méthodologie pour placer les bagues d'écartement mais ne prévoient pas de contrôler la présence de bagues d'écartement sur les véhicules : le risque de désaccouplement par serrage insuffisant des tendeurs est identifié dans ce dossier.

Le risque de déraillement par un serrage excessif des tendeurs n'est pas repris dans les diverses fiches techniques étudiées dans le cadre de cette enquête par la SNCB.

Faute de détrompeur, c'est aux niveaux formation, suivi de formation, motivation, contrôle et information (documentation) que des actions pourraient être prévues.

4.3.5. AUTRES

4.3.5.1. MODIFICATIONS DES VOITURES

La SNCB opère un service commercial avec des voitures du type I10 RIC sur le réseau ferroviaire belge jusqu'à une vitesse de 160 km/h.

Les voitures I6, I10 et I11 sont des voitures répondant à la convention RIC

Il s'agit d'un accord international dont la gestion est actuellement assurée par l'UIC.

Le 19/11/2007 l'entreprise ferroviaire SNCB s'informe auprès du SSICF des exigences pour obtenir l'autorisation de mise en service de ces voitures pour une vitesse maximale de 200 km/h, un type de voiture qui sera désigné sous le nom de RIC/I10Kmod

Par la Décision 2002/735/CE les STI relatives au matériel roulant à grande vitesse entrent en vigueur. La décision traite entre autre les réaménagements, c.à.d. des travaux importants de modification modifiant les performances d'un sous-système et est applicable à la transformation des voitures I10.

La Décision 2002/735/CE spécifie également comment la conformité aux STI doit être évaluée.

Le 19/12/2007 le SSICF précise ses exigences, référant à différents articles des RGUIF et RSEIF. Parmi ces exigences il y a des modifications aux fenêtres, toilettes et système de freinage et l'application d'amortisseurs antilacets.

Les transformations sont soumises à la procédure de vérification « CE » par référence aux STI applicables et à la procédure de vérification des règles de sécurité d'usage. Il en découle que la démonstration de conformité aux exigences essentielles est à réaliser sur base des dispositions de l'AM du 20/6/2008.

Selon la réglementation en vigueur, le 21/9/2009 la SNCB commande une évaluation de la conformité à la législation belge de la voiture d'essai transformée auprès de Belgorail en tant qu'organisme désigné. Les modifications concernent entre autres le système de freinage, l'ajout de supports d'amortisseurs antilacets côté caisse et côté bogie ainsi que le montage de ces amortisseurs et le montage d'un réservoir de rétention sous caisse.

La mission de Belgorail commence dans le cadre légal de l'AR du 26/12/2006 et de l'AM du 20/6/2008.

Dans les mois qui suivent, l'entreprise ferroviaire entreprend la transformation d'une voiture d'essai, c.à.d. la voiture « type ».

Belgorail effectue des vérifications administratives du dossier transmis par la SNCB selon les procédures de vérification définies au Module SB (examen de type) qui stipule que le fabricant désigne un organisme pour vérifier et attester qu'un type d'un sous-système représentatif de la production considérée :

- est conforme aux STI applicables,
- est conforme aux autres réglementations.

Lors de la procédure engagée, la Décision 2002/735/CE est abrogée par la Décision 2008/232/CE qui précise que pour le matériel roulant déjà en service et réaménagé en vue d'une exploitation à grande vitesse une nouvelle évaluation de la conception est nécessaire : selon l'article art 7.1.4 une augmentation plus de 10 km/h de Vmax implique la réévaluation de la voiture.

La Décision 2008/232/CE concerne une spécification technique d'interopérabilité relative au sous-système « matériel roulant » du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse mentionnant les interventions qui nécessitent de réévaluer la conception d'un véhicule.

La STI est applicable à tout le matériel roulant nouveau, réaménagé ou renouvelé du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse décrit à l'annexe I de la directive 96/48/CE.

La STI prévoit une période de transition durant laquelle l'évaluation de la conformité et la certification des constituants d'interopérabilité peuvent être effectuées dans le cadre du sous-système. Durant cette période, les États membres indiquent à la Commission les constituants d'interopérabilité qui ont été évalués de cette manière, afin d'assurer une surveillance étroite du marché des constituants d'interopérabilité et de permettre l'adoption de mesures pour en faciliter le fonctionnement.

Le 8/7/2010 Belgorail, sur base d'un formulaire d'évaluation, délivre une attestation de conformité de type pour un type de voiture qui est appelé RIC/I10Kmod accompagné d'un rapport. Dans ce rapport Belgorail précise que la déclaration de la conformité de type est établie suivant les procédures de vérification définies aux modules SB(*) de la Décision 768/2008/CE.

Dans le rapport qui accompagne l'attestation, Belgorail attire l'attention de la SNCB sur la nouvelle Loi du 26 janvier 2010, qui vient d'être publiée. Cette Loi réfère aux procédures de vérifica-

tion selon la Décision 768/2008/CE. Belgorail conseille dès lors que la déclaration de la conformité au type soit établie suivant les procédures de vérification définies aux modules D(*) ou E(*) ou F(*) de cette Décision.

Selon les procédures de vérifications définies au Module D (conformité au type) qui stipule que le fabricant désigne un organisme notifié pour vérifier son système de qualité pour les produits concernés. Le système de qualité garantit la conformité des produits au type décrit dans l'attestation d'examen « CE » de type et aux exigences de l'instrument législatif applicables.

La loi du 26 janvier 2010 stipule que n'est pas applicable pour des procédures déjà en cours.

La SNCB ne donne pas de suite à cette proposition : l'attestation de Belgorail se limite par conséquence à la conformité de type Module SB par un examen de la documentation technique.

Le 6/8/2010 le SSICF délivre une autorisation de mise en service pour une série de véhicules entre autres de type I10Kmod.

Notre but était de comprendre pourquoi le système de vérification de conformité n'avait pas permis de mettre en évidence le montage incorrect des amortisseurs « antilacets ».

La procédure appliquée à l'époque est une certification de type conformément aux règles nationales applicables à l'époque : module SB.

En conséquence, toutes les voitures n'ont pas fait l'objet d'une vérification par l'organisme indépendant, la présence de procédure interne n'a pas été vérifiée, il n'y a pas eu non plus de vérification du système de qualité mis en place par l'entreprise ferroviaire et audité par un auditeur externe.

Actuellement il n'est plus possible d'effectuer ce type de transformation selon le module SB.

L'absence de procédures internes ou l'utilisation incorrecte de procédures devrait être mise à jour par le système de qualité interne de l'entreprise ferroviaire en s'assurant que les documents sont disponibles dans tous les ateliers de la SNCB dans lesquels les transformations pourraient avoir lieu.

4.3.5.2. CŒUR DE CROISEMENT

La pointe de l'aiguillage AS02BI est sérieusement corrodée.

L'écaillage du cœur de croisement est causée par de la fatigue générée par le contact répété de roues sur le cœur de croisement. Une fissure horizontale prend naissance sous la surface du secteur en acier au manganèse. Dans des conditions de service continu, une fissuration verticale par fatigue apparaît et se propage à partir des extrémités de la fissure horizontale, et finit par causer la séparation d'une grande partie du secteur en acier au manganèse.

L'analyse visuelle du cœur de croisement en acier au manganèse écaillé permet de constater que la table de roulement de roues n'entraîne pas en contact avec la base de l'écaillage.

L'enquête ne peut par conséquence établir de liens directs entre le déraillement d'une part et l'état du cœur de croisement d'autre part.

L'historique de l'entretien de la zone confirme que cet aiguillage était sous surveillance par les services de maintenance de la Zone depuis septembre 2009.

Il était mentionné comme devant être remplacé depuis août 2010 et était en commande et expédié le 26/1/2011. Il a été remplacé après l'accident.

4.4. CONCLUSION

En fonction des données récoltées et de notre analyse, notre scénario le plus probable est le suivant:

le déraillement du train en provenance de Pepinster est la conséquence d'une accélération alors que le train se trouve dans la courbe en S formée par des aiguillages. Au moment où intervient la perte de contrôle de l'aiguillage (02BI), la vitesse du train est estimée à plus ou moins 42 km/h au lieu de 40km/h.

Lors de l'accélération du train, le mouvement poussé a créé d'importantes forces latérales, suffisantes pour provoquer un soulèvement des roues de la voiture. Le soulèvement de la roue provoque une perte de guidage des rails et le véhicule non guidé dévie de sa trajectoire, entraînant un premier déraillement et provoquant un début de mariage de butoirs entre les voitures en position 10 et en position 11.

L'insuffisance de dévers, le mouvement de balancement, la différence de porte-à-faux s'ajoutent et ont probablement contribué à la disparition partielle voire totale de la surface de contact entre les plateaux de butoir.

L'aiguille fermée de l'aiguillage 02BI, les éclisses aidant, oblige les roues déraillées à remonter sur la voie. Le probable mariage de butoir entre les voitures 10 et 11 entraîne la voiture en position 11 qui tangue et déraille à son tour. Entre les aiguillages 02Bi et 04AI, le bogie avant de la voiture poursuit son parcours sur les attaches du rail. Puis les roues du bogie sont déviées vers la gauche par l'aiguillage (04AI). Cependant l'attelage avec la voiture 10 l'oblige à croiser cet aiguillage. Le bogie escalade les rails de la voie A et la voiture se met de biais sur la voie. Le mouvement est arrêté lorsqu'intervient un second mariage de butoir entre les voitures 10 et 11 : sans celui-ci, la voiture 11 se serait probablement mise totalement en ciseau. L'avant de la voiture 11 déraille, entre dans le gabarit de la voie B et prend en écharpe la voiture de tête de l'automotrice AM 373 du train E5280 à l'arrêt sur la voie B devant un signal fermé.

Rien ne permet au conducteur de se rendre compte qu'une voiture est déraillée. La vitesse du train continue d'augmenter. Il n'a aucune vue sur les voitures à l'arrière du convoi.

Le conducteur ne peut relever la vitesse du train que si le dernier véhicule a dépassé le panneau de vitesse de référence de la ligne qui marque l'endroit à partir duquel il est permis de circuler à la vitesse de 120km/h. Il n'y a aucune indication au niveau de la signalisation ou à bord du train : le conducteur utilise un aide-mémoire mnémotechnique pour déterminer la position de son train par rapport à la signalisation (panneau de référence de la ligne). Le risque d'erreur pour évaluer que l'entière du matériel roulant a franchi le panneau est élevé. L'enquête n'a pas permis de déterminer si le panneau de vitesse de référence de la ligne a joué un rôle dans les actions du conducteur.

Les bandes d'enregistrement des trains sont régulièrement contrôlées du point de vue des dépassements des vitesses de référence en fonction de la ligne par l'entreprise ferroviaires. L'accélération est traitée dans les formations des conducteurs de train et est considérée comme geste de métier que 'tout conducteur de train doit connaître' et qui fait partie des connaissances du matériel. Les enregistreurs de bord ne permettent pas un contrôle direct des habitudes des conducteurs du point de vue des accélérations en courbe ou d'une reprise de vitesse en fonction du panneau de vitesse de référence. Cela demande un calcul ou une simulation par les services ad hoc.

Ce type de contrôle n'est pas effectué par l'entreprise ferroviaire.

La vérification de la voie et des aiguillages a permis de distinguer clairement les conséquences du déraillement mais n'a pas permis de pointer de défauts qui auraient pu mener au déraillement, voire y contribuer.

Selon les normes UIC, pour une courbe et une contrecourbe de même rayon et un écartement de voie de 1440 à 1450 mm, aucun alignement intermédiaire entre la courbe et la contrecourbe n'est nécessaire quand les rayons sont supérieurs à 200 mètres.

Les conditions d'implantation de la voie dans le cas présent sont proches de ces limites mais sont conformes aux normes UIC.

Les inspections du matériel roulant et les vérifications de documents ont mené aux constatations suivantes : les plateaux de tampons, les roues et les boudins sont conformes aux normes UIC.

Les amortisseurs «antillacets» sur la voiture en position 10 n'ont pas été montés correctement, c'est une des voitures transformées (dite I10Kmod) dans les ateliers de la SNCB pour permettre de circuler à vitesse plus élevée. Des essais des amortisseurs sur banc d'essai Koni ainsi qu'une simulation graphique ont permis de conclure que les amortisseurs fonctionnaient correctement et n'ont pas joué un rôle dans le déraillement.

Nous avons recherché pourquoi le montage non conforme des amortisseurs n'avait pas été détecté par l'entreprise ferroviaire ou par l'organisme de contrôle indépendant.

La procédure appliquée à l'époque de la transformation est une certification de type, conformément aux règles nationales applicables (module SB). Ce module prévoyait la vérification seulement d'une voiture dite 'de type' mais ne prévoyait pas la vérification du système de qualité interne, ni la vérification des différentes autres voitures transformées (dont la voiture impliquée dans l'accident).

Actuellement, l'absence de procédures internes ou l'utilisation incorrecte des procédures devrait être mise à jour soit par la vérification par un organisme indépendant, soit par le système de qualité interne de l'entreprise ferroviaire en s'assurant que les documents soient disponibles dans tous les ateliers de la SNCB dans lesquels les transformations pourraient avoir lieu en fonction du module applicable et défini dans les Spécifications Techniques d'Interopérabilité.

Un serrage excessif est probablement une cause aggravante lors du franchissement des courbes de faible rayon. L'attelage reliant les voitures 9 et 10 était trop serré et l'attelage reliant les voitures 10 et 11 était insuffisamment serré. Les attelages desserrés augmentent le risque de rupture d'attelage. Les attelages trop serrés augmentent la rigidité de l'attelage par la compression des plateaux de butoir et ne permettent pas de compenser correctement des chocs.

Des bagues de limitation sont prescrites par la SNCB pour éviter un serrage excessif : elles n'ont pas été utilisées pour le serrage des attelages reliant les voitures 9 et 10. De nouvelles instructions de la SNCB décrivent la méthodologie pour placer les bagues d'écartement mais ne prévoient pas d'en contrôler la présence sur les véhicules. De plus, les voitures sont utilisées à la fois sur le réseau belge et sur le réseau international.

La norme UIC pour les voitures utilisées sur le réseau international ne prévoit pas l'utilisation de ces bagues d'écartement. Cette double réglementation ne facilite pas la gestion par l'entreprise ferroviaire.

Le cas de Pepinster n'est pas un cas unique, nous avons identifié des cas relativement similaires aux Pays-Bas et en Allemagne : déraillement de trains en mouvement poussé roulant à vitesse réduite, inférieure à 40 km/h, lors du passage sur 2 aiguillages formant une courbe et contrecourbe à rayon réduit.

L'organisme d'enquête a formulé trois recommandations dont le besoin de prendre des mesures pour pallier aux risques de déraillement lors d'une l'accélération en courbe (dans des aiguillages).

5. MESURES PRISES

5.1. LE GESTIONNAIRE DE L'INFRASTRUCTURE

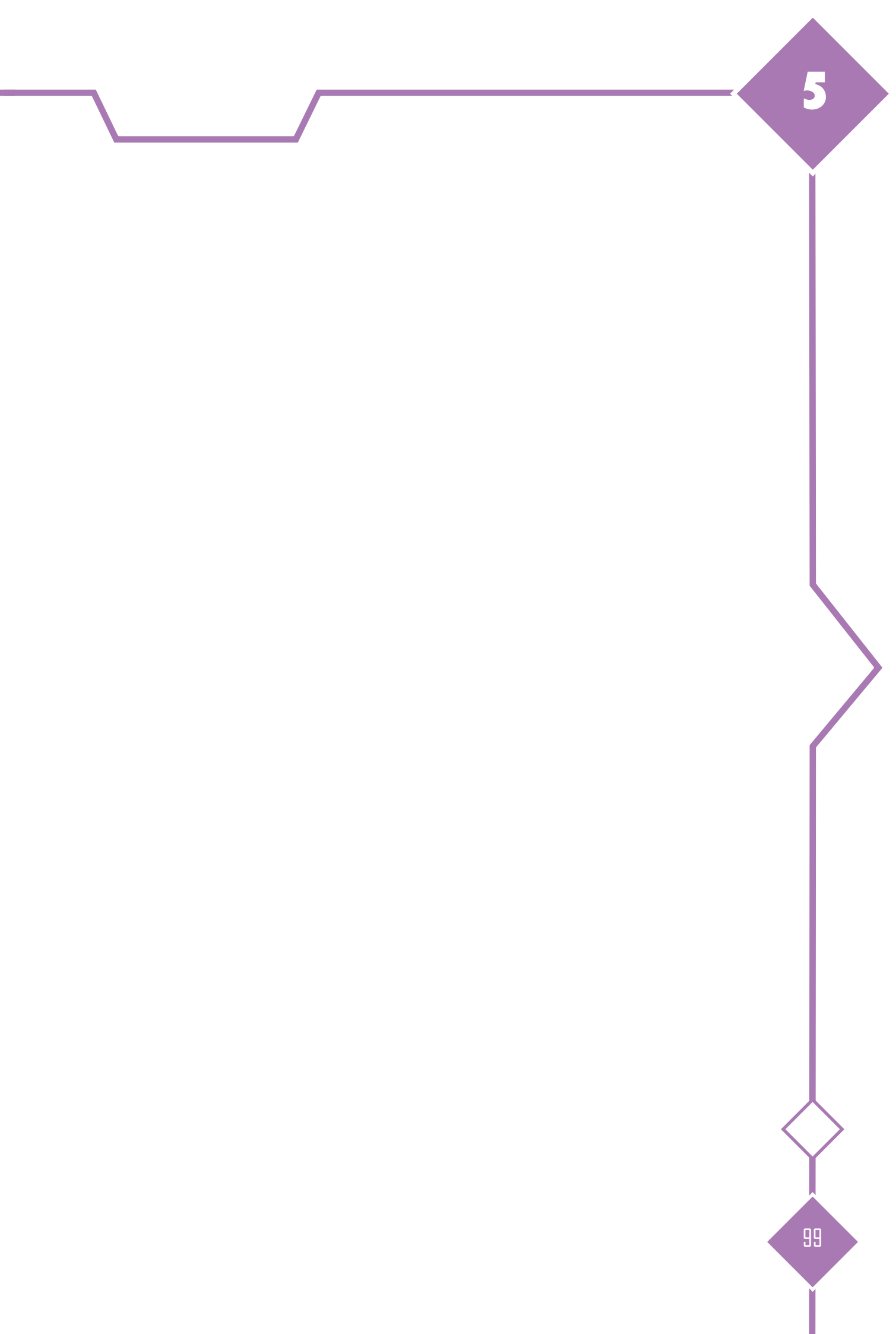
Infrabel a profité de la mise hors service de la voie pour effectuer des réparations à la TJD, y compris le remplacement du cœur avarié.

5.2. L'ENTREPRISE FERROVIAIRE

La SNCB a fait vérifier:

- la tige de commande des valves de nivellement sur les voitures I11
- le réglage des bogies et montage des amortisseurs antilacets sur les voitures I6 et I10Kmod
- le montage des bagues intercalaires sur le tendeur à vis sur les voitures I6 et I10Kmod selon les directives B-TC.42.

La SNCB modifie en partie les documents sur les attelages en introduisant les bagues d'écartement



6. RECOMMANDATIONS

De façon générale, les recommandations des organismes d'enquêtes doivent être adressées à l'Autorité de Sécurité (le SSICF) et rédigées «goal-oriented».

Il appartient au SSICF de vérifier la prise en compte de ces recommandations lorsqu'elles sont traduites en recommandations «solution-oriented» par le gestionnaire d'infrastructure et les entreprises ferroviaires.

N°	Constats et conclusions d'analyse	Recommandation
1	<u>Identification du risque accélération</u> L'accélération en combinaison de facteurs tels que mouvement poussé et courbe en S à faible rayon a engendré le déraillement à Pepinster ainsi que d'autres déraillements comme ceux identifiés dans le rapport (chapitres 3.7).	L'Autorité de Sécurité devrait veiller à ce que l'entreprise ferroviaire identifie mieux les risques de déraillement suite à une accélération en combinaison de facteurs tels que mouvement poussé et courbe en S à faible rayon et s'assure de prendre les mesures pour diminuer les risques liés à ces facteurs, au travers de contrôles, de formations, d'instructions, etc.
2	<u>Identification des risques serrage des attelages</u> Les instructions de la SNCB décrivent la méthodologie pour l'exécution des attelages. Le risque de déraillement ou de désaccouplement par serrage insuffisant des tendeurs n'est pas repris systématiquement dans la documentation technique et les instructions ne sont pas uniformisées.	L'Autorité de Sécurité devrait veiller à ce que l'entreprise ferroviaire s'assure de mieux informer des risques liés au serrage non conforme des attelages et d'uniformiser les règles ou instructions concernant le montage, l'inspection et l'utilisation des attelages.

3

Les modifications

L'Autorité de Sécurité communique les exigences pour obtenir une autorisation de mise en service de voitures transformées dite I10Kmod.

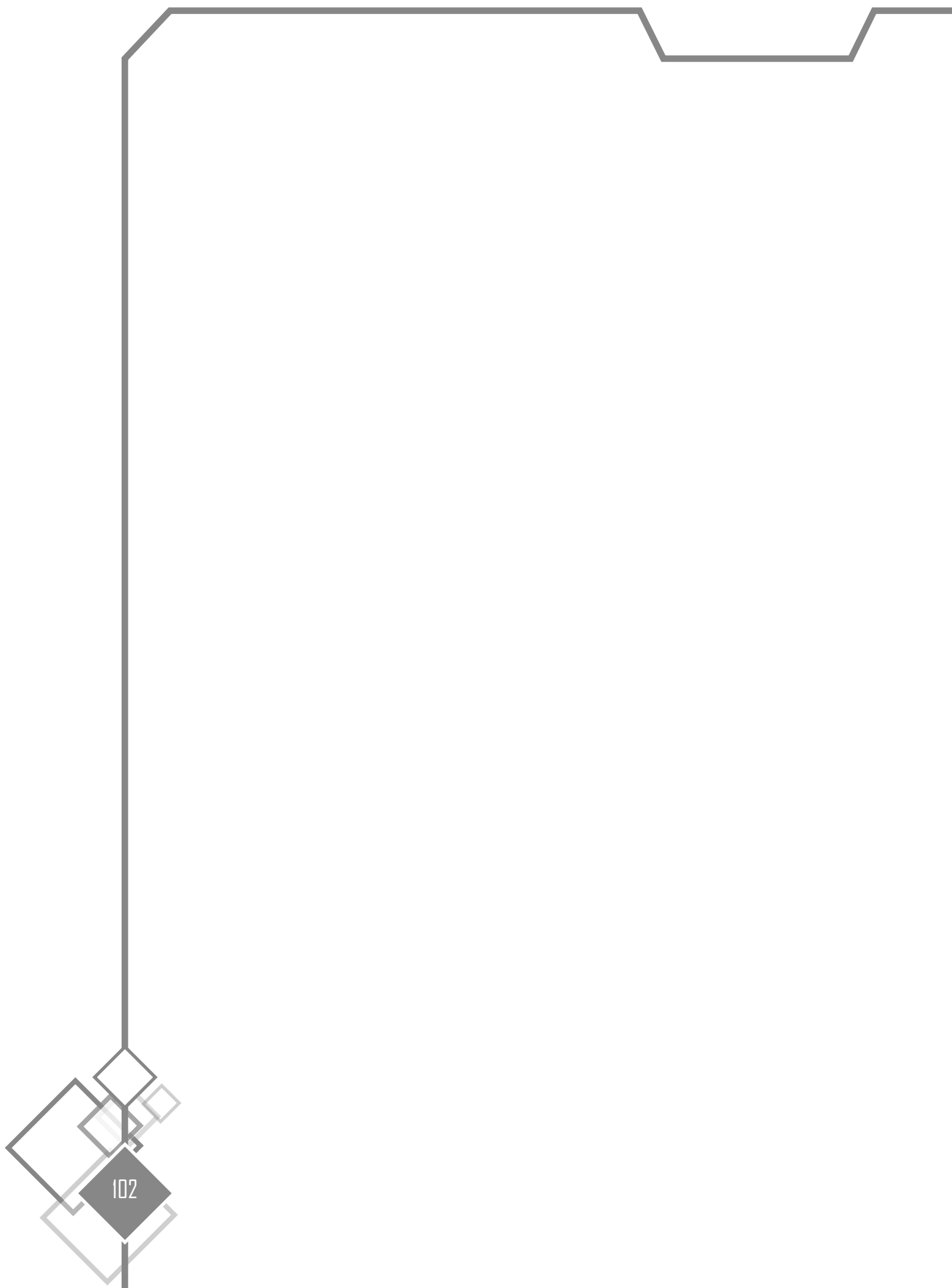
La SNCB transforme les voitures et commande à un organisme indépendant la vérification des exigences d'une voiture dite 'de type' conformément aux règles nationales applicables à l'époque (Module SB). En conséquence, toutes les voitures n'ont pas fait l'objet d'une vérification.

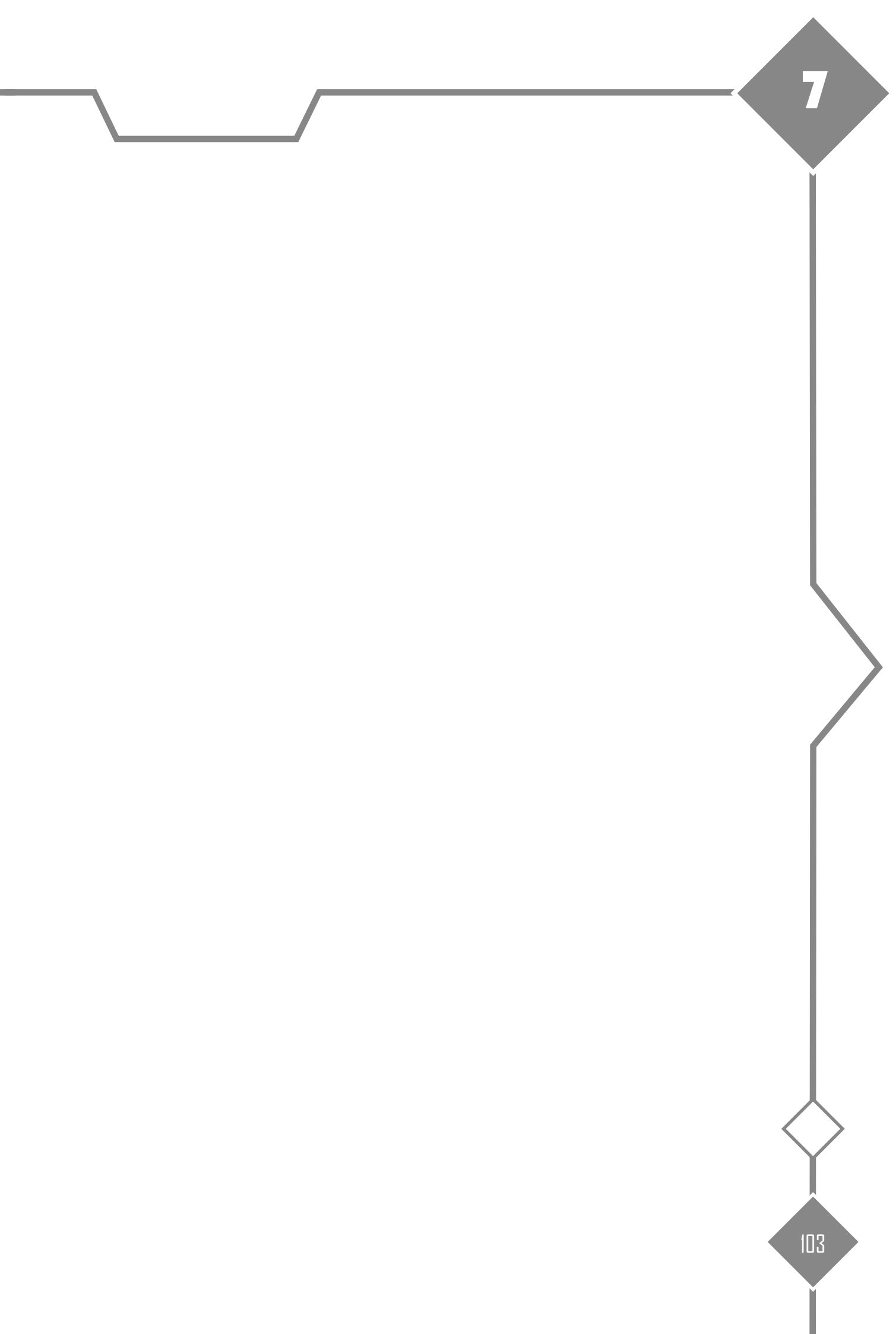
Le module SB ne prévoit pas la vérification de la présence instructions écrites pour le montage et pour la vérification des transformations dans le cadre d'un système de qualité.

Des amortisseurs antilacets sont montés incorrectement sur une des voitures transformées dite I10Kmod.

L'absence de procédures internes ou l'utilisation incorrecte des procédures devrait être mis à jour par les nouveaux modules de contrôle.

L'Autorité de Sécurité devrait veiller à ce que le système de gestion de la sécurité de l'entreprise ferroviaire garantisse que, pour une modification au matériel roulant, le risque de mauvaise exécution des travaux d'aménagement soit identifié et que des mesures soient prises pour palier au risque identifié.





Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires

<http://www.mobilit.belgium.be>

