

Rapport d'Enquête de Sécurité

Déraillement de 2 wagons-citernes durant une manœuvre par gravité

Faisceau C2 - Antwerpen-Noord - 31/10/2024

TABLE DES VERSIONS DU RAPPORT

<u>Numéro de la version</u>	<u>Sujet de révision</u>	<u>Date</u>
1.0	Première version	27/03/2026

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

En cas d'incohérence entre certains mots et termes, la version en français fait foi.

GLOSSAIRE	4
1. RÉSUMÉ	6
2. L'ENQUÊTE ET SON CONTEXTE	10
2.1. La décision d'ouvrir une enquête	10
2.2. Composition de l'équipe d'enquête	10
2.3. Parties concernées	10
2.4. Processus de communication	10
2.5. Conduite de l'enquête	11
3. DESCRIPTION DU FAIT SURVENU	12
3.1. Fait survenu et informations générales	12
3.1.1. Description de l'événement	12
3.1.2. Description du site	12
3.1.3. Travaux réalisés sur le site ou à proximité de l'accident	13
3.1.4. Pertes humaines, blessés et dommages matériels	14
3.1.5. Entreprises et personnels concernés	18
3.1.6. Infrastructure	19
3.1.7. Signalisation	20
3.1.8. Matériel roulant	21
3.1.9. Déclenchement du plan d'urgence ferroviaire et sa chaîne d'événements	22
3.2. Facteurs humains et organisationnels	23
3.3. Description factuelle des événements	23
3.4. Faits de nature comparable survenus antérieurement	23
4. ANALYSE DU FAIT SURVENU ET DES FACTEURS CONTRIBUTIFS	24
4.1. Analyse technique	24
4.1.1. Infrastructure	24
4.1.2. Matériel roulant	26
4.1.3. Matériel roulant + Infrastructure = Dynamique du mouvement	27
5. CONCLUSIONS	30
5.1. Conclusions	30
5.2. Les mesures prises depuis le fait survenu	30
5.2.1. Infrabel	30
6. RECOMMANDATIONS	32



ECM	Entité en Charge de la Maintenance
EVN	European Vehicle Number
HKI	train international
HKM	train de marchandises
HKV	train de voyageurs
I-CBE	Infrabel Customer & Business Excellence
OE(AIF)	Organisme d'Enquête (sur les Accidents et Incidents Ferroviaires)
numéro ONU	Le numéro d'identification à quatre chiffres des matières ou objets extrait du Règlement type de l'ONU
PSS	Plan Schématique de Signalisation
RGE	Règlement Général de l'Exploitation
RID	International Rule for Transport of Dangerous Substances by Railway
SGS	Système de Gestion de la Sécurité
SSICF	Service de Sécurité et d'Interoperabilité des Chemins de Fer
UIC	Union Internationale des Chemins de fer



1. RÉSUMÉ

Le 31 octobre 2024, vingt-deux wagons doivent être triés au moyen de la bosse de triage du faisceau C d'Antwerpen-Noord.

Deux de ces wagons, chargés chacun de 54.450kg de toluène, doivent être garés sur la voie de triage 222 du faisceau C2.

Vers 17h10, les deux wagons descendent de la bosse de triage et passent par trois sections de freinage, de même que par divers aiguillages, pour être dirigés à vitesse contrôlée vers la voie 222. Les installations comprennent divers instruments de mesure et de détection permettant au système automatique de piloter les aiguillages et les freins dans les voies.

Au moment où les deux wagons se trouvent à hauteur du frein de voie de la voie de triage 222, ils déraillent et se couchent, en partie sur la voie 221 adjacente.



Source : Infrabel

La citerne du premier wagon est endommagée et percée : une grande partie du toluène s'écoule. Liquide hautement inflammable, le toluène est un hydrocarbure aromatique couramment utilisé en tant que réactif ou solvant, notamment dans le milieu industriel. Il s'agit d'un produit nocif et écotoxique. Cette fuite a nécessité :

- l'intervention des services de secours et des pompiers spécialisés de BASF,
- l'évacuation des terres contaminées et leur assainissement.

Outre les dégâts à la citerne, divers dégâts sont causés au niveau d'éléments de bogie (roues, axe, freins, suspension), de la structure des wagons et des crochets des deux wagons.

Les voies 221 et 222 de même que leurs installations de frein de voie ont subi d'importants dégâts lors de l'accident.

Aucune victime n'est à déplorer.

Par les dégâts et la pollution engendrée, cet accident est classé comme accident grave : l'Organisme d'Enquête a ouvert une enquête.

La fuite de toluène et l'intervention des services de secours n'ont pas permis que le site et les wagons soient accessibles pour que l'OE puisse effectuer ses propres constats, mesures et contrôles directement après l'accident. De plus, suite à l'indispensable intervention des services de secours et des pompiers spécialisés de BASF, l'état de certains éléments a pu être altéré, notamment au niveau du frein de la voie triage 222. Certaines incertitudes engendrées par la situation n'ont pas pu être levées durant l'enquête.

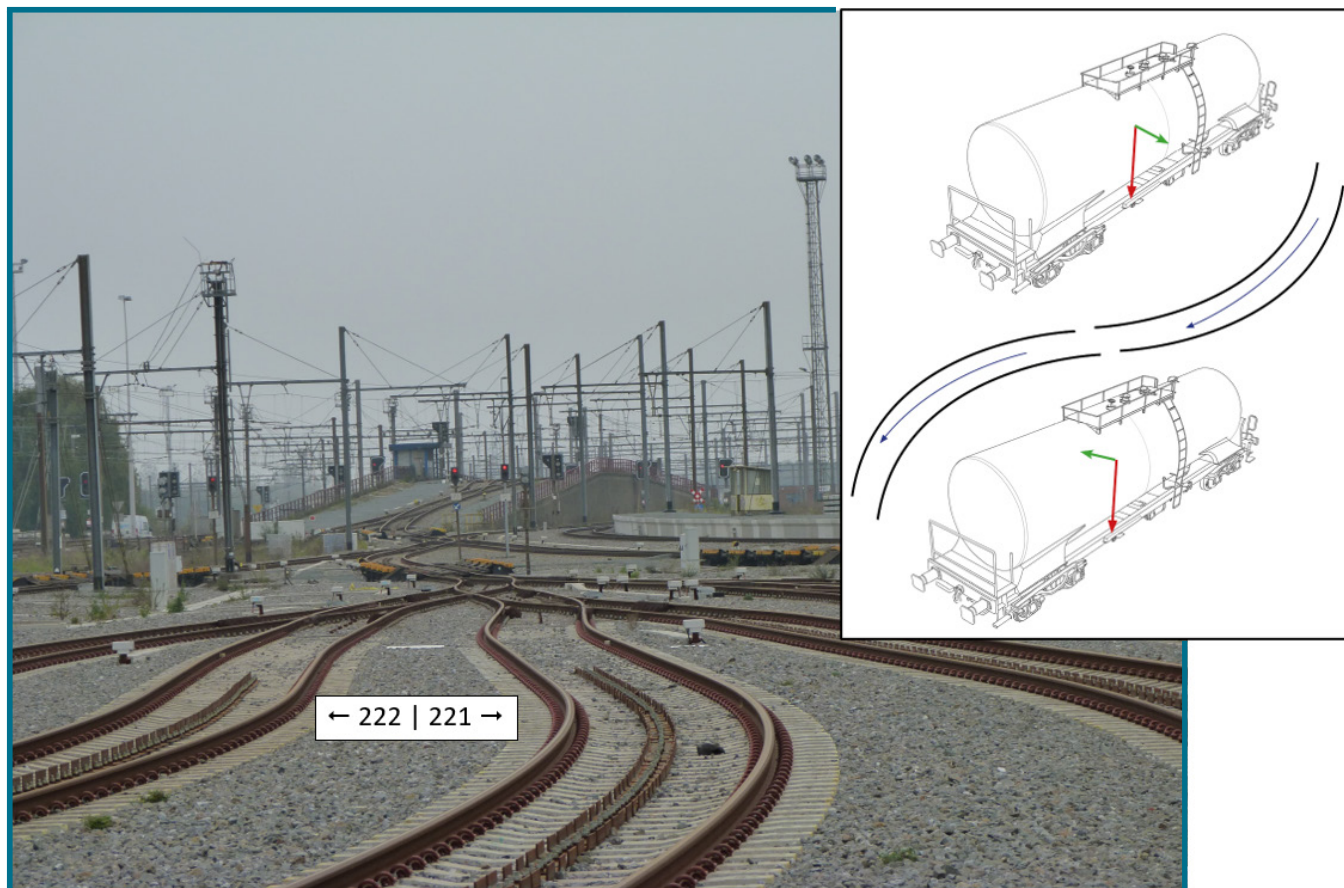
Le déroulement le plus probable retenu par l'OE est le suivant : les deux wagons descendent de la bosse de triage, passent par divers aiguillages et freins dans la voie, parcourent à vitesse contrôlée la voie 222 ; au niveau du frein de la voie 222, le premier wagon déraille, bascule et entraîne le second wagon.

Les raisons du déraillement du premier wagon n'ont pas pu être établies avec certitude : aucun des éléments analysés pris isolément (tracé de la voie 222, frein de la voie de triage, caractéristiques des wagons) ne peut expliquer le déraillement.

Pour tenter de comprendre le déraillement survenu, diverses mesures, reconstitutions et tests ont donc été réalisés au cours de l'enquête.

L'hypothèse retenue par l'OE pour expliquer le déraillement du premier wagon est une conjonction de facteurs :

la vitesse des wagons après le frein de descente en conjugaison avec le tracé de la voie 222 ont pu engendrer des forces agissant sur les wagons ; la roue droite, du premier axe du wagon de tête, serait montée sur la traverse du frein de voie dont il a été constaté durant l'enquête que la position était anormale. L'enquête a révélé que les boulons de fixation de la traverse de frein étaient desserrés : ceci pourrait avoir amené la traverse dans une position anormale à la suite du freinage durant le passage de wagons précédents.



Durant l'enquête, le gestionnaire d'infrastructure a pris des mesures d'amélioration. Au terme de l'enquête, ces mesures sont prolongées et planifiées, et d'autres sont identifiées, mises en place ou planifiées :

1. Essais de fonctionnement et modification des "paramètres de base" de l'installation de triage automatique des faisceaux C ;
2. Contrôle et ajustement des "paramètres utilisateur" de l'installation de triage automatique des faisceaux B ;
3. Suivi strict de la maintenance et de l'état technique de l'installation de tri automatique d'Antwerpen Noord ;
4. Essais de fonctionnement et mesures pour la remise en service de la voie de triage 222 ;
5. Suivi précis de tous les incidents et anomalies lors du tri automatique à Antwerpen Noord par l'équipe d'enquête I-CBE.14 ;
6. Installation d'un réseau de caméra de surveillance sur le site d'Antwerpen-Noord afin d'évaluer visuellement le comportement dynamique de wagon et tranches.

Au vu de ces mesures prises par Infrabel, l'Organisme d'Enquête n'émet aucune recommandation.



2. L'ENQUÊTE ET SON CONTEXTE

2.1. LA DÉCISION D'OUVRIR UNE ENQUÊTE

Selon la loi du 30 août 2013 portant le Code ferroviaire, l'accident répond à la définition d'accident grave : les coûts des dégâts causés tant au système ferroviaire (voies et wagons) qu'à l'environnement (pollution du sol) dépassent les deux millions d'euros.

Conformément à l'article 111, paragraphe 1 du Code ferroviaire, l'organisme d'enquête effectue une enquête après chaque accident grave survenu sur le système ferroviaire. Cette enquête vise à améliorer, dans la mesure du possible, la sécurité ferroviaire et la prévention des accidents.

L'Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires (OEaIF) a décidé d'ouvrir une enquête sur les circonstances et les causes de cet accident et en a informé les parties concernées.

2.2. COMPOSITION DE L'ÉQUIPE D'ENQUÊTE

Organisme d'Enquête	Rôle
Enquêteur principal	Relecture, validation, soutien, ...
Enquêteurs	Recherche, analyse, rédaction, relecture, ...

2.3. PARTIES CONCERNÉES

Organisme d'appartenance	Rôle
SSICF	Expertise technique et réglementaire, assistance documentaire
Infrabel	Assistance documentaire, logistique, technique
Lineas	Assistance documentaire, logistique, technique

2.4. PROCESSUS DE COMMUNICATION

Après les premiers travaux de sécurisation du site de l'accident, les enquêteurs de l'OE se sont rendus à plusieurs reprises sur les lieux de l'accident pour procéder aux constatations et prise d'informations, de même qu'à l'inspection de la voie et des wagons impliqués.

L'OE rédige un projet de rapport d'enquête, qui est soumis à la relecture des parties concernées (un délai de vingt jours ouvrables est accordé aux parties concernées pour cette relecture). Cette consultation n'a pas pour but de modifier le rapport produit par l'OE mais de permettre aux parties concernées de réagir et de commenter le projet de rapport, notamment en relevant des inexactitudes ou des erreurs factuelles. Les parties concernées sont ensuite informées de la suite donnée à leurs observations.

2.5. CONDUITE DE L'ENQUÊTE

L'Organisme d'Enquête mène une enquête de sécurité dans le but d'améliorer la sécurité ferroviaire et ainsi de prévenir de futurs accidents ferroviaires ou d'en atténuer les conséquences.

L'enquête est menée indépendamment de toutes les autres enquêtes, y compris les enquêtes menées par la police, le Parquet et les entreprises impliquées ; seuls les éléments factuels sont partagés.

La méthodologie suit la logique de l'analyse séparée des différents sous-systèmes impliqués dans cet accident, permettant de déterminer leur contribution dans la survenue du déraillement.

3. DESCRIPTION DU FAIT SURVENU

3.1. FAIT SURVENU ET INFORMATIONS GÉNÉRALES

3.1.1. DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT

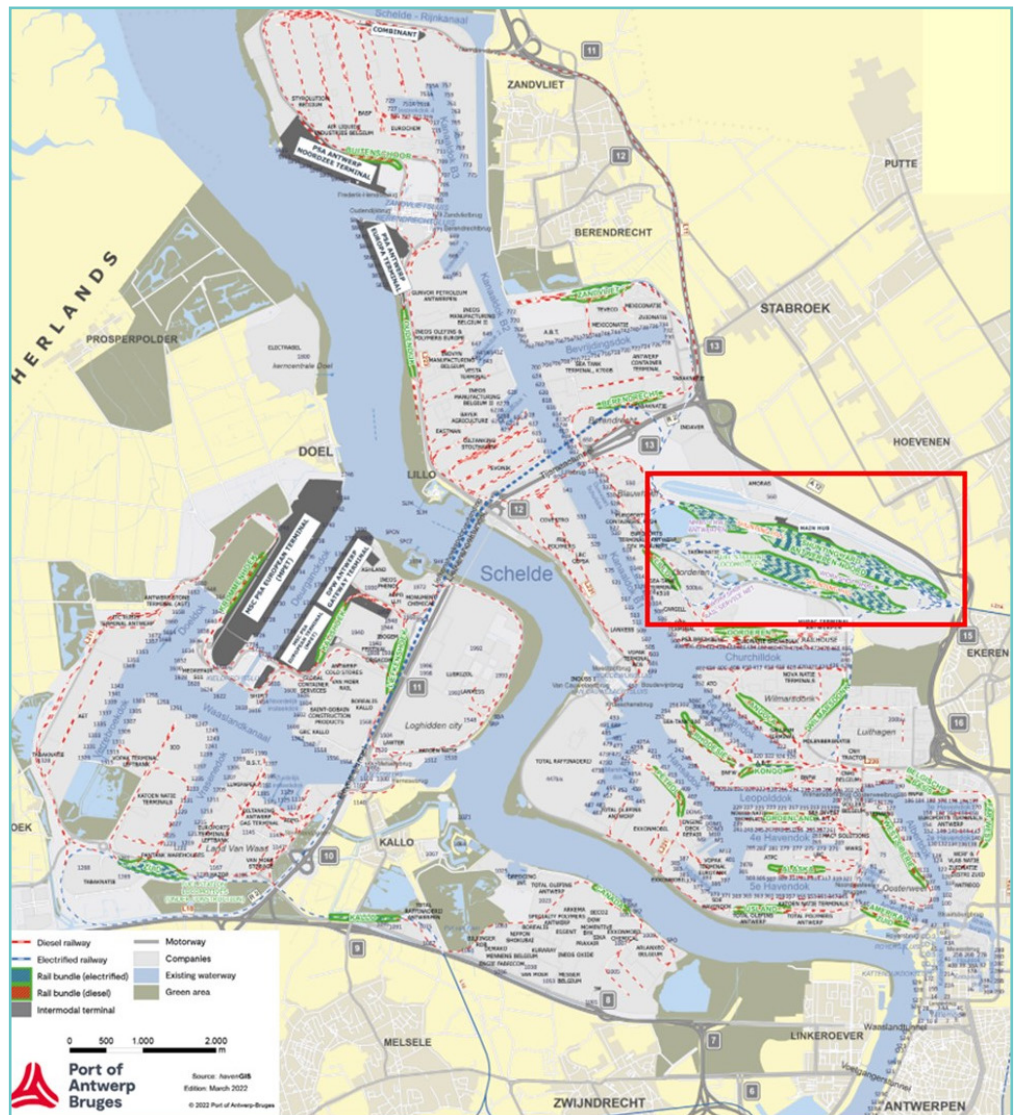
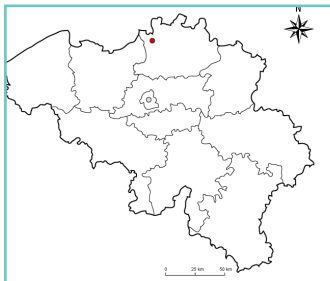
Le 31 octobre 2024, à 17h10, durant une manœuvre de triage par gravité dans le Faisceau C2 d'Antwerpen-Noord, deux wagons dérailent sur la voie 222 à hauteur du frein de voie.

Les wagons se couchent, en partie sur la voie 221 adjacente. La citerne du premier wagon est endommagée et percée : une grande partie du toluène (Code ONU 1294 - RID-classe de danger 33 : produit dangereux hautement inflammable) s'écoule, occasionnant une pollution nécessitant l'intervention des pompiers spécialisés de BASF.

3.1.2. DESCRIPTION DU SITE

3.1.2.1. RÉFÉRENCES GÉOGRAPHIQUES

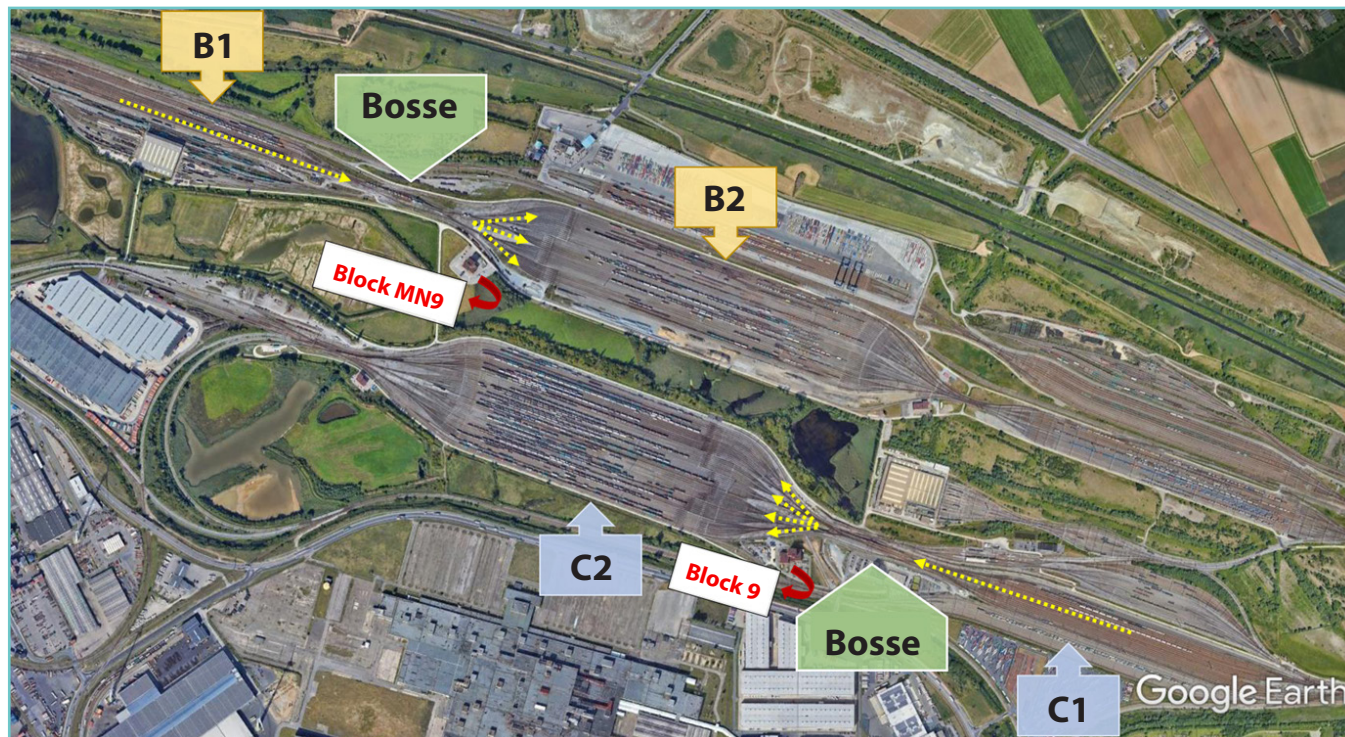
L'accident est survenu dans le faisceau C2 d'Antwerpen-Noord (situé dans le port d'Antwerpen)



Dans le faisceau d'Antwerpen-Noord, se trouvent les installations permettant le triage de wagons de marchandises via une bosse (de triage) : les wagons de marchandises sont poussés par une locomotive jusqu'au sommet de la bosse, d'où ils descendent par gravité en petits groupes de wagons (appelés "coupes").

Via des commandes de freins dans les voies, les coupes sont freinées et, à la faveur des aiguillages, sont acheminées vers la voie de destination concernée où elles forment, avec d'autres coupes, une nouvelle rame.

L'installation de triage d'Antwerpen-Noord se compose des faisceaux B et C.



C'est sur la voie 222 du faisceau C2 que l'accident s'est produit.

3.1.2.2. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La météo du jour de l'accident est nuageuse ; la température est de 13°C.

3.1.3. TRAVAUX RÉALISÉS SUR LE SITE OU À PROXIMITÉ DE L'ACCIDENT

Aucun chantier de travaux n'était en cours sur les voies parcourues au moment de l'accident.

3.1.4. PERTES HUMAINES, BLESSÉS ET DOMMAGES MATÉRIELS

3.1.4.1. VICTIMES

Aucune victime n'est à déplorer.

3.1.4.2. SITUATION DE L'ACCIDENT



Source : Infrabel

La photo présente la situation après l'intervention des services de secours.

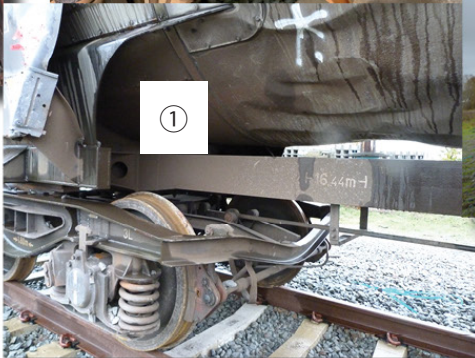
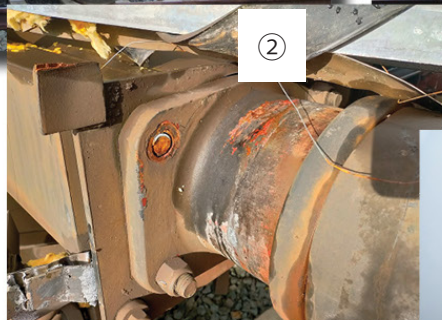
La voie à l'avant-plan est la voie 222 (d'où émergent les capots du système de frein de voie) : il s'agit de la voie où circulaient les wagons avant de dérailler. Les wagons sont couchés en partie sur la voie 221 adjacente.

Les wagons étaient chargés de toluène, produit hautement inflammable et l'accident a occasionné une fuite de la citerne du premier wagon. De la mousse a été utilisée par les pompiers afin de prévenir tout risque d'incendie.

3.1.4.3. DÉGÂTS AU MATÉRIEL ROULANT

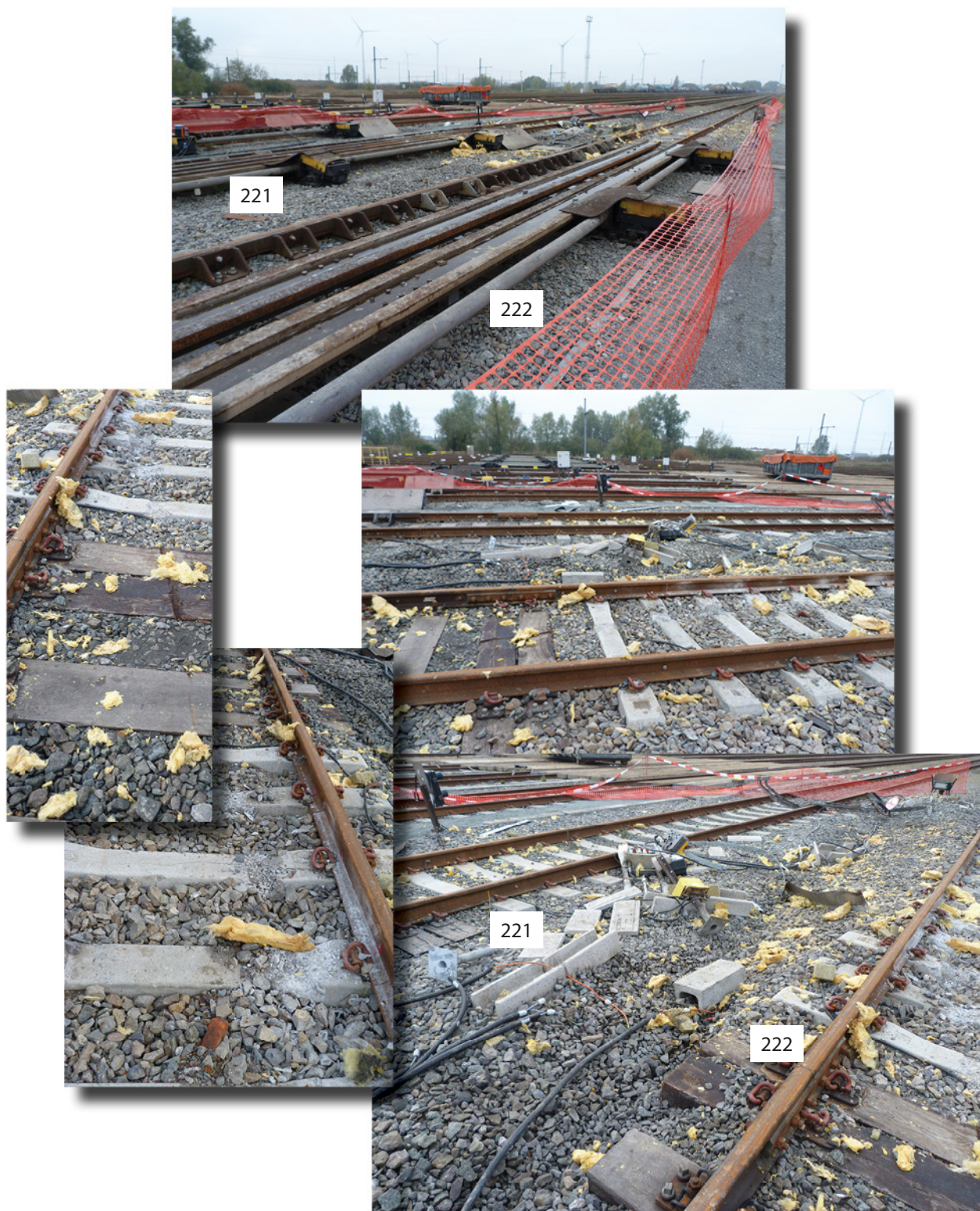
Divers dégâts sont observés sur les wagons au niveau :

- ① d'éléments de bogie (roues, axe, freins, suspension) ;
- ② de la structure des wagons ;
- ③ des crochets d'attelage ;
- ④ des citernes (parois, échelles).



3.1.4.4. DÉGÂTS À L'INFRASTRUCTURE

La voie 222 et les installations du frein de voie ont subi d'importants dégâts lors de l'accident, de même que la voie 221 et les installations du frein de voie suite au renversement des wagons sur la voie 221.



3.1.4.5. DÉGÂTS À L'ENVIRONNEMENT

Suite à l'accident, les wagons ont laissé échapper une partie de leur cargaison, à savoir du toluène¹, liquide hautement inflammable (code ONU : 1294 - code de danger : 33).

Le toluène est un hydrocarbure aromatique. Il est couramment utilisé en tant que réactif ou solvant, notamment dans le milieu industriel. Il dissout un grand nombre d'huiles, graisses, ou résines (naturelles ou de synthèse). Dans les conditions normales, c'est un liquide transparent à l'odeur caractéristique, rappelant celle du dissolvant pour peinture.

Le toluène est un produit nocif et écotoxique. Sa toxicité aiguë est faible, mais il a comme premiers organes-cibles le système nerveux central (cerveau, moelle) et est un irritant pour la peau, l'œil et le système respiratoire. Le toluène est très inflammable et les mélanges air/vapeurs sont explosifs. La prévention des incendies passe par l'utilisation de mousse, de poudre ou de dioxyde de carbone et/ou par la pulvérisation d'eau.

Selon les opérations de pesage effectuées après l'accident, il a été déterminé que les fuites ont entraîné l'échappement de 11.990kg de toluène au total.

Après l'accident, il a été nécessaire d'évacuer les terres contaminées afin de les assainir. A l'heure de la publication de ce rapport, ce travail d'assainissement des terres contaminées est toujours en cours.

3.1.4.6. AUTRES CONSÉQUENCES

Divers trains de marchandises ont été retardés² :

	Annulés	Retardés (min)
HKV	0	0 (0)
HKM	0	5 (177)
HKI	0	0 (0)

A l'heure de la publication de ce rapport, les voies 221 à 224 sont toujours hors service (entre autres à cause d'indisponibilité de certaines pièces de rechange).

1 Formules moléculaires du toluène : C₆H₅CH₃ / C₇H₈
Source : Organisation internationale du Travail (OIT) https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fr&p_card_id=0078
2 HKV = train de voyageurs | HKM = train de marchandises | HKI = train international

3.1.5. ENTREPRISES ET PERSONNELS CONCERNÉS

3.1.5.1. INFRABEL

Infrabel est le gestionnaire de l'infrastructure du réseau ferroviaire belge. Infrabel est responsable de l'entretien, de la modernisation et de l'extension de l'infrastructure ferroviaire, y compris la signalisation, les aiguillages et les passages à niveau. En tant qu'opérateur du réseau ferroviaire belge, Infrabel distribue la capacité ferroviaire disponible et est responsable de la régulation et de la sécurité de l'ensemble du trafic ferroviaire.

3.1.5.2. LINEAS

Lineas est un opérateur de fret ferroviaire.

Lineas possède un certificat de sécurité unique délivré le 12/06/2024 par l'Agence ferroviaire européenne, requis pour accéder à l'infrastructure ferroviaire et constituant la preuve que l'entreprise ferroviaire :

- a mis en place un système de gestion de la sécurité (SGS) ;
- qu'elle respecte :
 - les spécifications techniques établies notamment en matière d'interopérabilité,
 - les règles de sécurité.

Pour l'utilisation de l'infrastructure ferroviaire locale à Antwerpen-Noord, Lineas a conclu un protocole local préalable avec Infrabel définissant les droits et obligations des deux parties.

3.1.5.3. GATX

GATX Rail Europe est une société spécialisée dans la location et la gestion de wagons de marchandises, notamment des wagons-citernes pour le transport de produits chimiques et pétrochimiques. Elle assure également la maintenance des wagons dont elle est propriétaire, conformément aux exigences réglementaires.

Dans le cadre de l'accident, GATX est le propriétaire, le détenteur et l'Entité en Charge de la Maintenance (ECM) des deux wagons impliqués.

3.1.5.4. SIEMENS

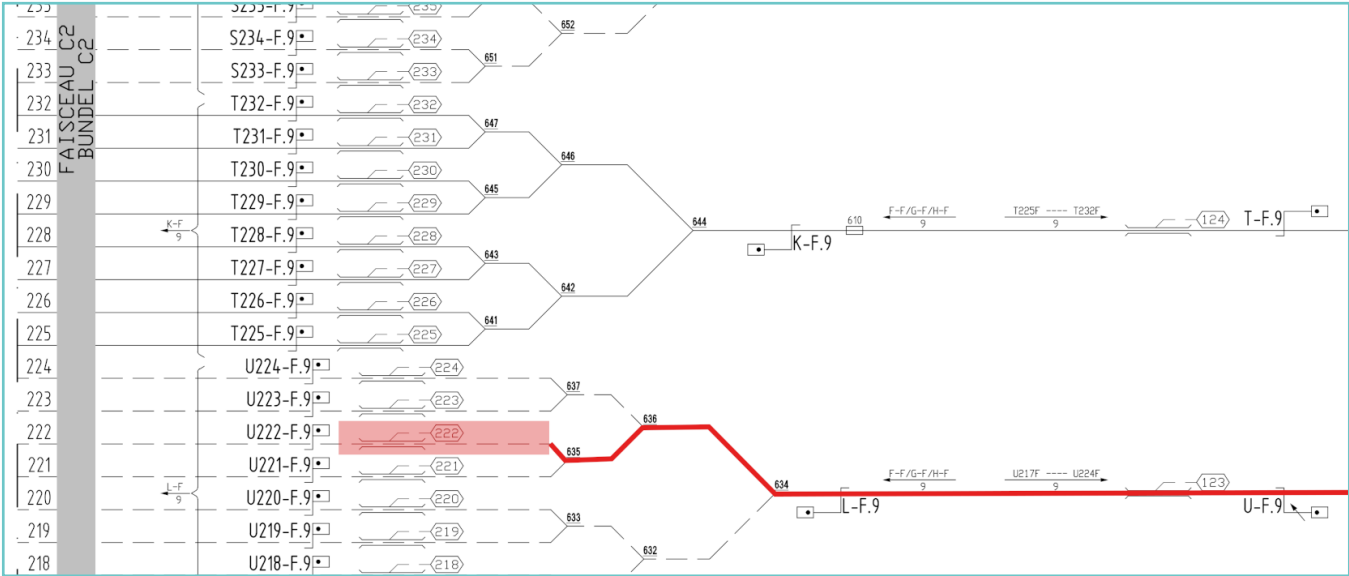
Faisant partie de Siemens AG, Siemens Mobility est un fabricant de matériel roulant et une entreprise de construction de systèmes ferroviaires. Elle propose aux entreprises de transport des solutions ferroviaires, d'infrastructure, d'automatisation et d'électrification, des systèmes clés en main et des services afférents pour développer le transport de marchandises et de voyageurs.

Siemens Mobility a développé le système d'automatisation Trackguard Cargo MSR32 mis en place dans les faisceaux de triage d'Antwerpen-Noord.

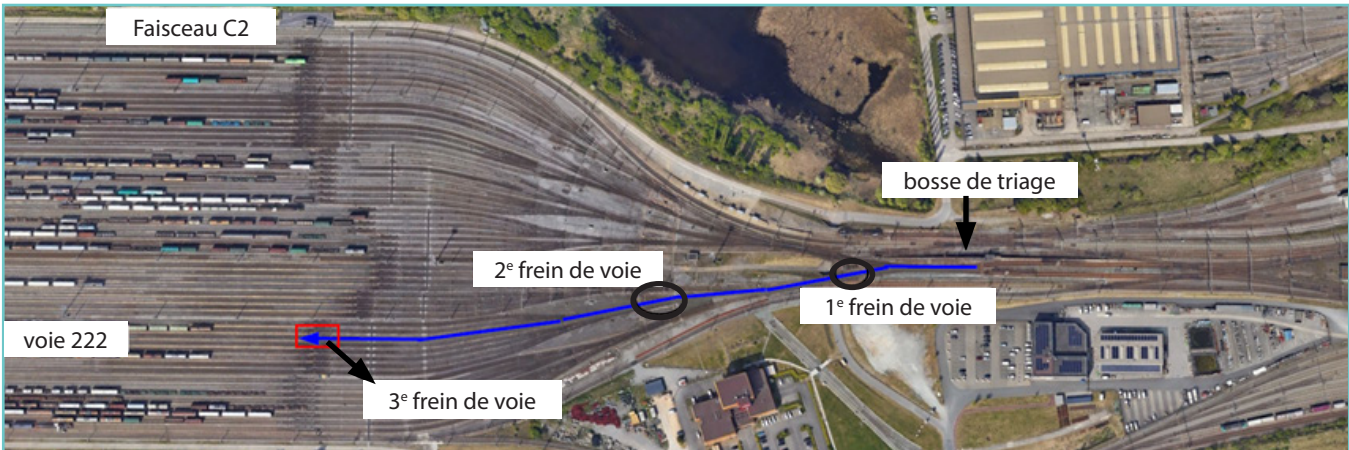
3.1.6. INFRASTRUCTURE

3.1.6.1. DESCRIPTION

Le déraillement s'est produit sur la voie 222 du faisceau C2.

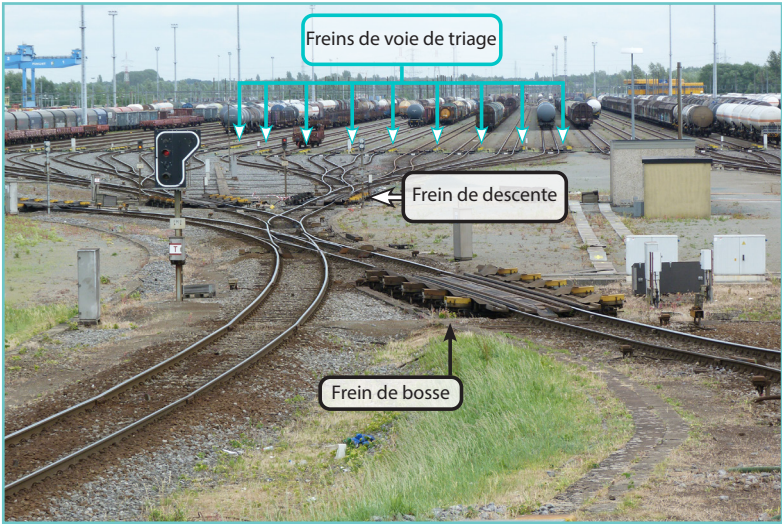


Représentation schématique (PSS) d'une partie du faisceau C2 avec le trajet des wagons (en rouge). Les wagons ont déraillé à hauteur du frein de la voie 222 (rectangle rouge à gauche de l'image). Les wagons provenaient de la bosse de triage (à droite de l'image).



Les wagons qui descendent de la bosse de triage passent par trois sections de freinage, contrôlées par le système automatique Siemens MSR32.

Les trois types de freins de voies rencontrés par les wagons sont chronologiquement :



- le frein de bosse (premier frein dans la voie)
- le frein de descente (deuxième frein dans la voie)
- le frein de voies de triage (troisième frein dans la voie).

Les freins sont utilisés pour contrôler la vitesse des coupes de wagons afin que leur mouvement (issu de la gravité) vienne mourir contre les autres wagons déjà garés sur la voie de destination ou à l'extrémité de la voie s'il s'agit des premiers wagons arrivant sur cette voie.

La commande des freins de bosse et la commande des freins de descente assurent le freinage des coupes :

- pour maintenir un espacement suffisant entre les coupes lors de leur passage dans la zone de tri ;
- pour permettre aux coupes d'arriver à la vitesse attendue dans la zone de freinage suivante.

Les freins de voie exercent une pression de part et d'autre des boudins de roue : les freins de bosse et de descente freinent les roues gauches et droites des wagons, les freins des voies de triage freinent les roues droites des wagons.

Les installations techniques des bosses de triage comprennent divers instruments (mesures et détections) qui permettent le pilotage des systèmes de triage (aiguillages) et de freins dans les voies :

- une installation de pesage chargée de mesurer le poids des essieux des wagons ;
- des circuits de comptage d'essieux ;
- un sas lumineux (pour vérifier le nombre d'essieux et les séparations entre deux coupes) ;
- un radar (pour déterminer les distances entre les essieux et les longueurs des wagons) ;
- un anémomètre (pour déterminer la force et la direction du vent) ;
- des détecteurs directionnels des roues ;
- des circuits de voie installés dans les voies (détermination de la position des wagons).

Les données récoltées par ces systèmes sont envoyées automatiquement au système informatique MSR32 développé par Siemens. Ce système intègre également les données issues de la composition de la rame à trier (données relatives aux wagons : poids, longueur, nombre d'essieux, présence de chargement RID ou non, etc.). Il dispose en outre d'une interface utilisateur graphique pour les interactions avec les opérateurs se trouvant au Block 9.

3.1.6.2. FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DU TRIAGE

Nous renvoyons le lecteur au rapport d'enquête "Événements survenus au cours d'opérations de triage automatique dans l'installation de triage d'Antwerpen-Noord" de 2022³ (et plus particulièrement au chapitre 3) pour le descriptif général du triage des wagons, opération qui permet d'ordonner les wagons des futurs trains. Ci-après un résumé de ces opérations.

Après les opérations de préparation des wagons au triage, le conducteur accouple une locomotive à l'arrière de la rame de wagons à trier et les contrôles prévus sont effectués sur le train formé. Le conducteur amène ensuite le train formé à la bosse de triage, où le régime automatique de la locomotive est enclenché : il s'agit d'un système radiocommandé permettant de régler la vitesse de la locomotive de manière entièrement automatique (le conducteur à bord de la locomotive ne doit plus intervenir sur les commandes de la locomotive). Les commandes et éventuelles corrections de la marche de la locomotive ont lieu sur la base de différentes valeurs⁴ mesurées et intégrées dans le système.

Un perchiste (ou *stokman*, agent de l'entreprise ferroviaire Lineas) est présent au niveau de la bosse de triage : c'est lui qui, à l'aide d'une perche en bois, fait sauter les attelages entre certains wagons, créant ainsi de petits groupes de wagons (nommés "coupes").

Le système de triage automatique contrôle la vitesse de la locomotive de manœuvre afin que les coupes ne descendent pas trop près les unes des autres.

Pendant la descente d'une coupe, le système Siemens MSR32 reçoit divers paramètres (cf. 3.1.6.1) et contrôle :

- les freins de bosse et de descente afin d'assurer une meilleure séparation des coupes ;
- la position des aiguillages afin de diriger les coupes vers leur voie de destination ;
- la valeur de freinage à donner par le frein de voies de triage.

Une fois que la locomotive a poussé tous les wagons jusqu'à la bosse, elle peut rebrousser chemin et un nouvel ensemble de wagons peut être trié.

3.1.7. SIGNALISATION

La signalisation n'est pas impliquée dans cet accident.

3 Événements survenus lors de manœuvres de triage dans le faisceau de Antwerpen-Noord durant les premiers mois de 2022 (L'organisme d'enquête sur les accidents et incidents ferroviaires, 2023), 60, https://www.rail-investigation.be/fiche-enquete/?enquete_id=4442.

4 Ces valeurs sont notamment la vitesse de refoulement de la locomotive, le poids des wagons, les valeurs issues des compteurs d'essieux, la vitesse des wagons à chaque frein de voie, les positions des aiguillages, la force de freinage des freins de voie, la vitesse du vent, la distance entre le frein de voie de triage et le point d'arrêt prévu de la coupe.

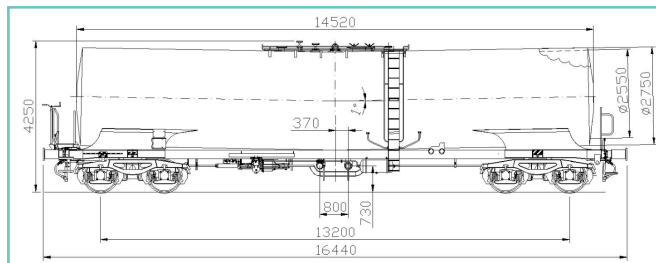
3.1.8. MATÉRIEL ROULANT

Les deux wagons impliqués sont la propriété de GATX, qui en est aussi le détenteur et l'Entité en Charge de la Maintenance, et portent les numéros EVN :

- 37 84 7933 044-1 ;
- 37 84 7933 014-4.

Les deux wagons sont du même type : Zacens / GATX type 5270.

Chacun des deux wagons était chargé de 54.450kg de toluène, produit hautement inflammable (code ONU 1294 - code de danger : 33). Conformément à la réglementation en vigueur (RID), les wagons portaient l'étiquette orange avec ces informations.



Les wagons Zacens / GATX type 5270 sont des wagons utilisés pour le transport de produits chimiques.

Caractéristiques techniques :

- 4 essieux (2 bogies de 2 essieux)
- Longueur : 16,44m
- Poids à vide : 25 tonnes
- Charge maximale : jusqu'à 65 tonnes
- Citerne : 70 m³
- Code citerne : L4BH/L10BH

Les deux wagons concernés constituent une coupe au sein d'un ensemble de 22 wagons, triés via la bosse de triage.

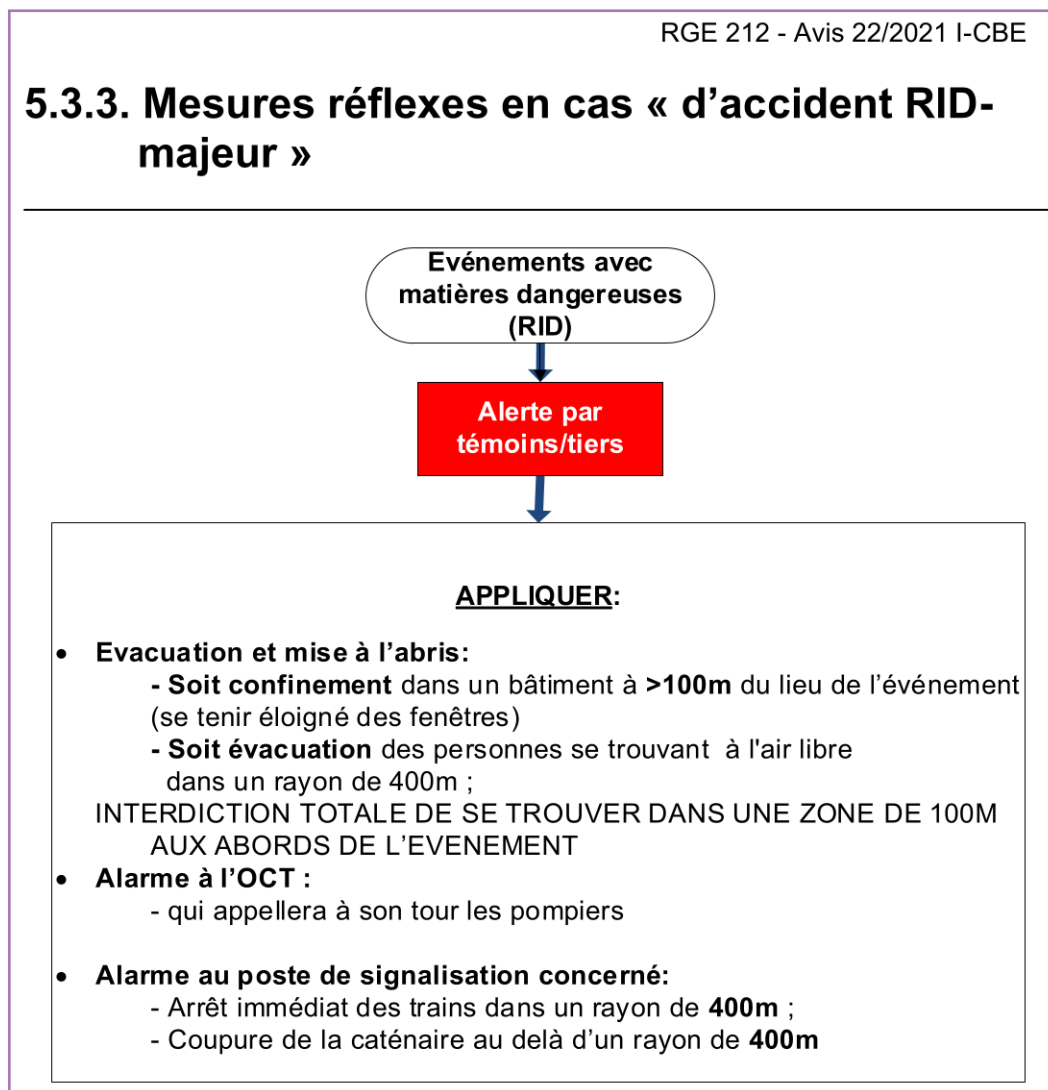
3.1.9. DÉCLENCHEMENT DU PLAN D'URGENCE FERROVIAIRE ET SA CHAÎNE D'ÉVÉNEMENTS

Ainsi que le prévoit la gestion du plan interne d'urgence d'Infrabel (Règlement Général de l'Exploitation (RGE) 212) en son chapitre 4.2.1 :

"Lors d'un accident impliquant un transport de matières dangereuses, le CdO peut demander via l'OCT de faire appel à la firme BASF Antwerpen N.V. et/ou à la firme Inovyn S.A. à Jemeppe-sur-Sambre. Les conventions entre Infrabel et ces entreprises permettent de solliciter les conseils et l'assistance d'équipes spécialisées disposant de matériel spécifique. Si nécessaire, Infrabel peut mobiliser ces deux entreprises de sa propre initiative via l'OCT."

Les services de secours et les services de BASF ont été contactés et sont intervenus sur le site de l'accident.

En outre, le même RGE 212 prévoit :



Les mesures prescrites en cas de fuite de toluène ont été appliquées par les pompiers et les services de BASF :

- Elimination de toute source d'ignition (aspersion de mousse juste après le déraillement et d'eau pulvérisée durant les opérations de relevage des wagons déraillés) ;
- Recueillement du liquide répandu, pompage du produit restant dans les citernes afin de limiter la contamination de l'environnement.

3.2. FACTEURS HUMAINS ET ORGANISATIONNELS

Pas d'application.

3.3. DESCRIPTION FACTUELLE DES ÉVÉNEMENTS

Le 31 octobre 2024, vingt-deux wagons doivent être triés au moyen de la bosse de triage du faisceau C d'Antwerpen-Noord.

Parmi ces wagons, deux constituent une des coupes. Ces deux wagons sont chargés chacun de 54.450kg de toluène, produit hautement inflammable (code ONU 1294 - code de danger : 33). Ils doivent être garés sur la voie de triage 222 du faisceau C2.

Vers 17h10, les deux wagons descendent de la bosse de triage et passent par trois sections de freinage, de même que par divers aiguillages, pour être dirigés à vitesse contrôlée vers la voie 222. Les installations comprennent divers instruments de mesure et de détection permettant au système automatique Siemens MSR32 de piloter les aiguillages et les freins dans les voies.

Au moment où les deux wagons se trouvent à hauteur du frein de voie de la voie de triage 222, ils dérailent et se couchent, en partie sur la voie 221 adjacente. La citerne du premier wagon est endommagée et percée : une grande partie du toluène s'écoule, occasionnant une pollution nécessitant l'intervention des services de secours et des pompiers spécialisés de BASF.

3.4. FAITS DE NATURE COMPARABLE SURVENUS ANTÉRIEUREMENT

En 2022-2023, l'Organisme d'Enquête a mené une enquête suite à un nombre élevé d'incidents et accidents survenus lors de manœuvres de triage dans le faisceau de Antwerpen-Noord durant les premiers mois de 2022, au rang desquels des déraillements.

Certains déraillements ont causé des dommages au matériel roulant et à l'infrastructure et ont entraîné des retards de triage dans les faisceaux, mais aucun de ces événements n'a occasionné des fuites de matières dangereuses.

4. ANALYSE DU FAIT SURVENU ET DES FACTEURS CONTRIBUTIFS

Plusieurs hypothèses ont été émises pour comprendre le déraillement. Diverses mesures, reconstitutions et tests ont réalisés afin de tenter de retenir l'hypothèse la plus probable et d'exclure les autres.

4.1. ANALYSE TECHNIQUE

4.1.1. INFRASTRUCTURE

L'enquête a permis de vérifier les installations assurant le tri des wagons/coupes (pilotage des aiguillages et des freins de voie).

Informations générales - Maintenance

- Plusieurs membres du personnel d'Infrabel et de Lineas étaient présents lors de l'accident (le Safety Controller et le Coordinateur Logistics au Block 9, le conducteur de la locomotive de manœuvre, le perchiste/stokman) : aucun n'a remarqué d'anomalie durant le mouvement des wagons impliqués ou durant les mouvements des wagons précédents.
- L'analyse de l'historique des opérations de maintenance n'a révélé aucune anomalie sur les installations concernées.

Analyse des commandes

Des logs du système informatique Siemens MSR32, les informations suivantes peuvent être retirées :

- Les vitesses et mouvement de la coupe précédente passée par le frein de voie de triage 222 n'ont rien révélé de problématique, bien que le freinage du frein de voie de triage 222 fut assez prononcé.
- Les vitesses d'entrée et de sortie des wagons impliqués au niveau du frein de bosse 111 (premier frein de voie) et au niveau du frein de descente 123 (deuxième frein de voie) sont conformes aux valeurs attendues.
- Les mouvements des aiguillages ont dirigé correctement les wagons vers la voie 222.
- Une vitesse de sortie de 0,491 m/s a été mesurée au niveau du frein de voie de triage 222, alors que la vitesse cible était de 1,900 m/s. Cette faible vitesse de sortie mesurée par les différents instruments (cf. 3.1.6.1) est due au déraillement et au basculement des wagons au niveau du frein de voie de triage 222.

Analyse des traces et des éléments du système de frein de voie

- Sur des photos prises par les services d'urgence, la traverse de frein intérieure du système de frein de voie de triage 222 est dans une position anormale, sans qu'il puisse être confirmé que cette position soit une cause ou une conséquence du déraillement.



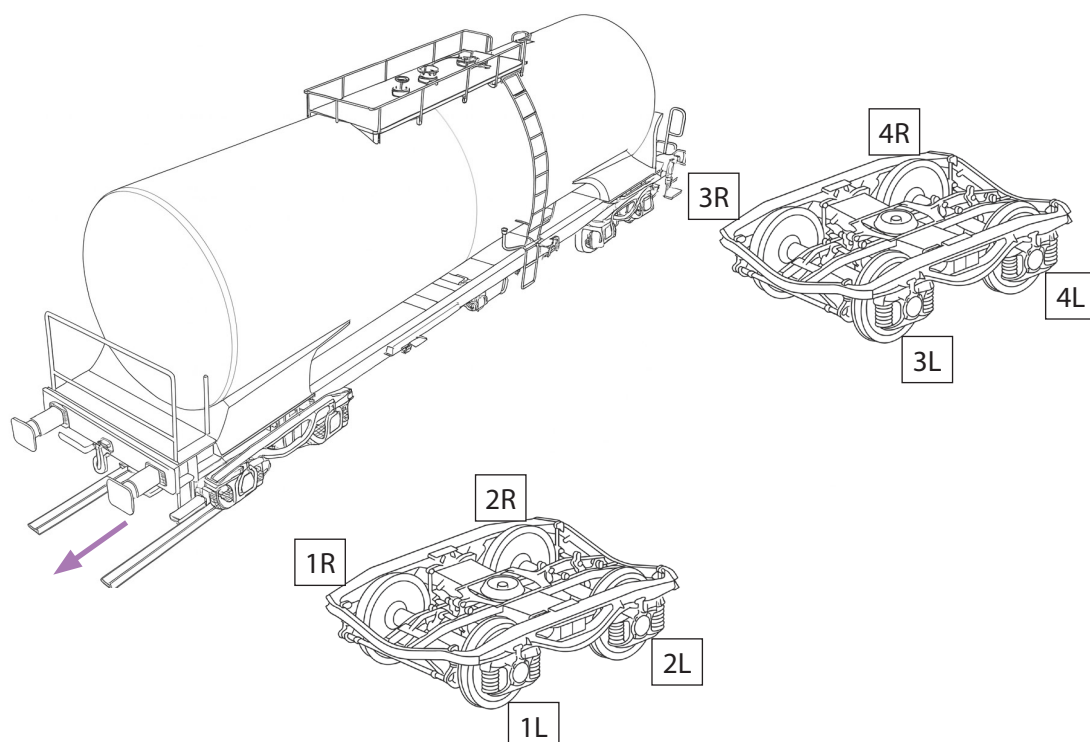
- Les boulons de fixation de la traverse de frein étaient desserrés après les interventions des équipes de secours et les travaux de remise à rail, sans qu'il puisse être confirmé qu'ils étaient déjà desserrés avant l'accident.
- L'analyse des traces permet d'émettre l'hypothèse suivante : les roues droites du premier bogie du premier wagon auraient heurté la traverse de frein intérieure du frein de voie de triage 222, et le wagon aurait poursuivi son trajet avec les roues droites sur la traverse de frein intérieure, amenant le wagon dans une position instable.



Illustration : en rouge, hypothèse du tracé de la roue droite du premier essieu du premier wagon

4.1.2. MATÉRIEL ROULANT

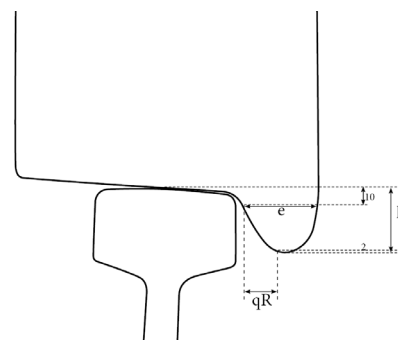
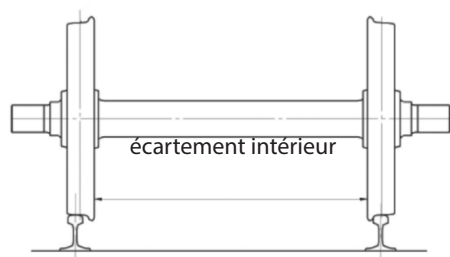
Selon l'hypothèse retenue (cf. ci-avant), le premier wagon aurait déraillé. Les roues et écartements des roues du wagon 37847933044-1 (premier dans le sens du mouvement) ont donc été contrôlés conformément aux prescriptions de l'Union internationale des chemins de fer (UIC).



Roue	Hauteur boudin (= h en mm)	Epaisseur boudin (= e en mm)	qR (mm)	Ecartement intérieur (mm)
1L	28,5	30,5	10,6	1359.7
1R	28,2	30,2	10	
2L	28,2	30,1	10,3	1360.5
2R	28,5	30,3	11	
3L	28,4	30,6	10,6	1360.9
3R	28,2	30,8	10,5	
4L	28,3	30,4	10,5	1360.1
4R	28,3	30,3	10,7	

Les mesures effectuées sur les roues ne montrent pas de valeurs hors tolérances :

- L'écartement entre les 2 roues doit être compris entre 1358 et 1363mm
- La hauteur du boudin doit être comprise entre 27,5 et 36mm
- L'épaisseur du boudin doit être comprise entre 25 et 33 mm
- La mesure qR doit être supérieure à 6.5mm⁵



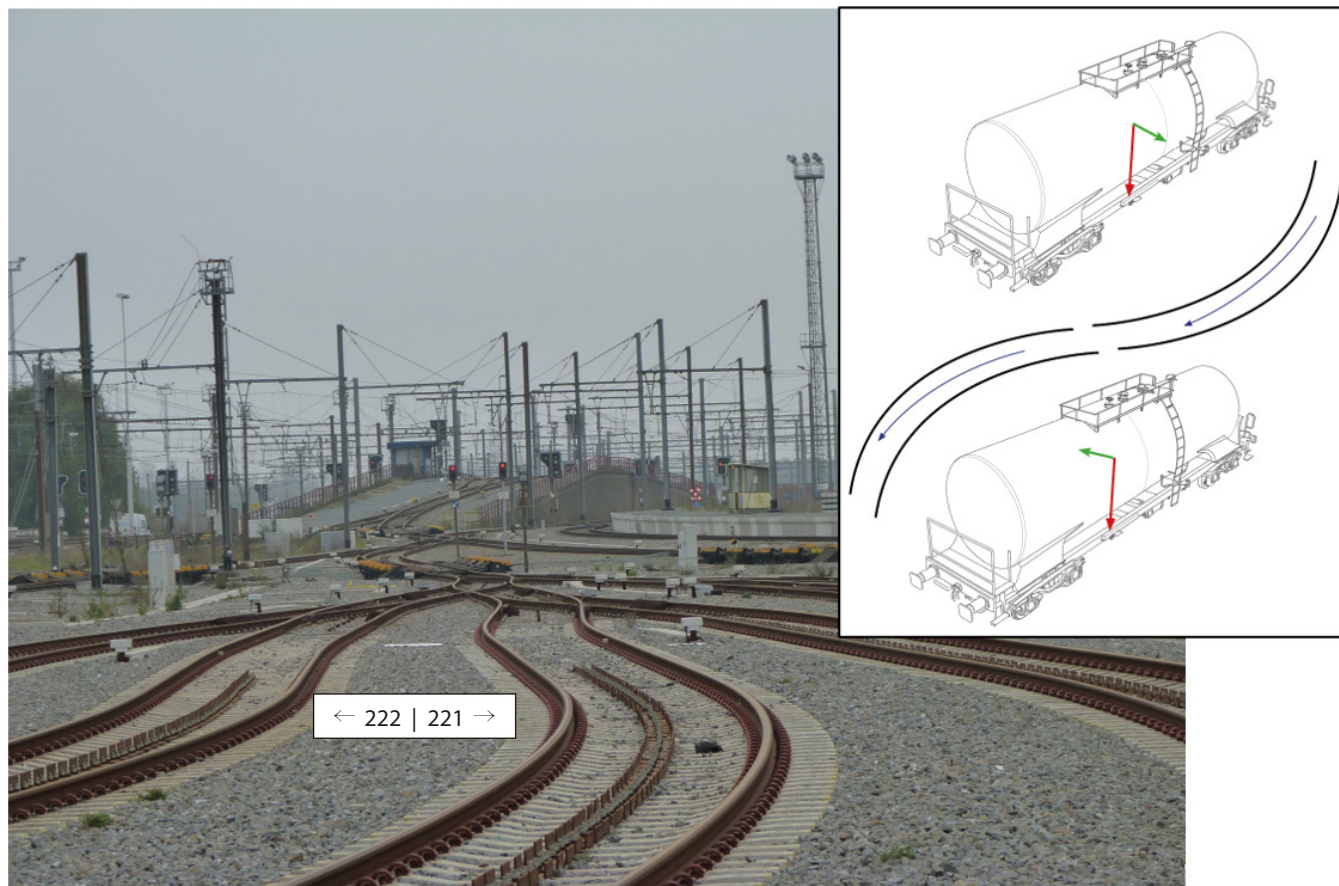
Constatation : aucune des mesures effectuées ne permet de conclure que le wagon puisse être la cause du déraillement.

5 La cote qR représente la dimension de la partie intérieure du boudin de la roue, appelée le "bord", cruciale pour le guidage du train et éviter le déraillement

4.1.3. MATÉRIEL ROULANT + INFRASTRUCTURE = DYNAMIQUE DU MOUVEMENT

En 2024, des voies du faisceau C2 ont subi des changements, notamment au niveau du tracé. Ainsi, le tracé de la voie 222 (avant le frein de voie), bien que respectant les normes UIC, est nettement plus sinueux qu'auparavant.

La question s'est donc posée de savoir si ces modifications ont pu affecter ou jouer un rôle dans la survenance de l'accident.



4.1.3.1. RECONSTITUTION

Le gestionnaire d'infrastructure a organisé des tests afin d'évaluer l'influence des forces induites par la courbe et la contre-courbe du tracé sur la stabilité du wagon-citerne. Ces essais ont été organisés :

- avec des wagons-citernes GATX identiques ;
- sur un itinéraire proche, en termes de rayons de courbure, de celui où l'accident s'est produit.

Ces tests visaient à déterminer si ces wagons-citernes chargés pouvaient présenter des caractéristiques dynamiques anormales lorsqu'ils parcouraient un itinéraire présentant des caractéristiques similaires à celles de la voie 222.

De façon schématisée, par sa vitesse en sortie des freins de descente lors de son parcours de la voie de triage, le wagon et sa charge subissent, en plus de la force de gravitation ($\downarrow$), une force centrifuge ($\rightarrow$) dirigée vers l'extérieur de la courbe. La résultante de ces forces est une force dirigée vers l'extérieur de la voie.

Il était nécessaire de vérifier si les changements de cette force résultante selon l'alternance des courbes/contre-courbes ont pu avoir affecté la stabilité des wagons-citernes lorsqu'ils ont parcouru la voie 222 le jour de l'accident.

Constatation : les mouvements des wagons durant ces tests n'ont présenté aucune caractéristique permettant d'expliquer le déraillement.

4.1.3.2. RECONSTITUTION 2

Le gestionnaire d'infrastructure a effectué une deuxième reconstitution. Cette série de tests a pour but de confronter les traces et constats effectués au niveau des freins de voie de triage 222 (cf. 4.1.1) aux positions des roues des wagons.

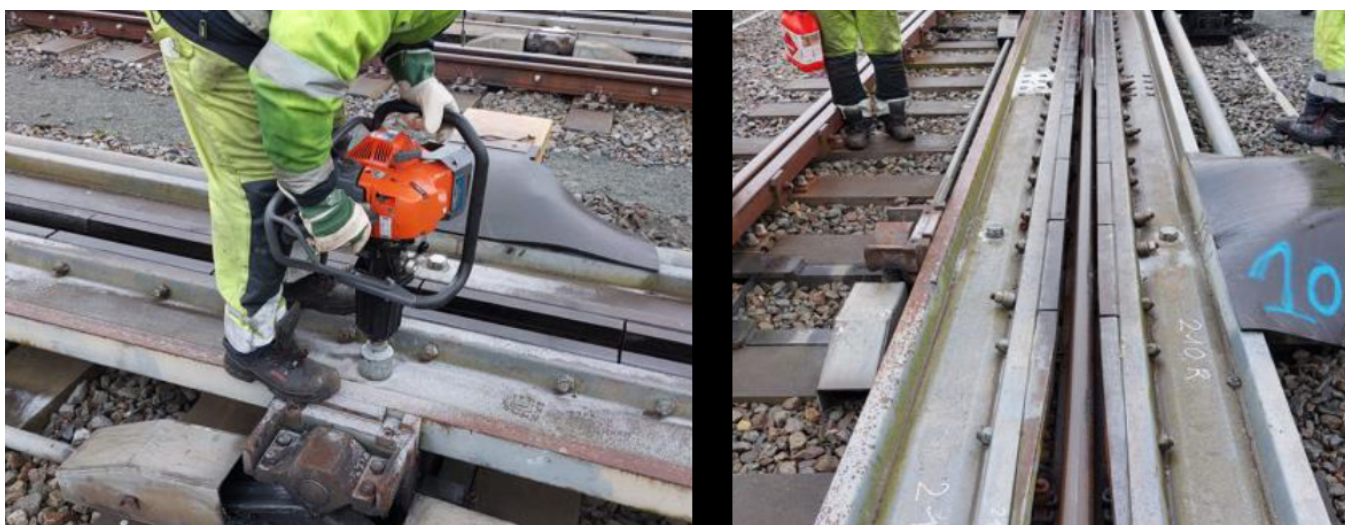
Les travaux de réparation du câblage endommagé par l'accident n'étant pas encore effectués, il n'était pas envisageable de faire évoluer les wagons de façon automatique depuis la bosse de triage vers la voie de destination de façon similaire aux trajets des wagons le jour de l'accident. Il s'agit donc de tests statiques.

Vérification du déplacement de la traverse de frein intérieure

Il avait été constaté que la traverse de frein intérieure du système de frein de voie de triage 222 n'était pas dans une position normale et que les boulons de fixation de la traverse de frein étaient desserrés (cf. 3.1.6.4).

Il était donc nécessaire de vérifier les effets de la conjonction des facteurs "freinage appliqué par le frein de voie + boulons desserrés + passage de la roue dans le frein".

Les essais ont été réalisés en appliquant une force de freinage sur un gabarit de roue.



Source : Infrabel

Les essais ont été décomposés en plusieurs phases :

- essai avec serrage des trois boulons au couple prescrit par le constructeur, freinage à force maximale ;
- essai identique avec couple de serrage plus faible pour les boulons (successivement boulon 1 moins serré, puis boulons 1+2 moins serrés, puis boulons 1+2+3 moins serrés) ;
- essai identique avec tous les boulons complètement desserrés et freinage soutenu maximal suivi d'un freinage d'urgence.

Constatation : lors de ces essais, il n'a pas été possible d'engendrer un déplacement/pivot suffisant de la traverse de frein pour qu'elle se retrouve dans une position où elle obstrue le passage d'une roue (tel que c'est visible sur les photos prises le jour de l'accident).

Vérification du positionnement du bogie du wagon

La deuxième série d'essais avait pour but de déterminer s'il était géométriquement possible que la roue droite du premier essieu ne soit plus sur le rail droit, tandis que le deuxième essieu reste sur la voie. Pour cela, des essais statiques ont été organisés : le wagon a été amené au niveau du frein de voie et a été soulevé pour faire pivoter le bogie autour de son axe.

Après plusieurs tentatives, il a été possible de recréer la configuration géométrique souhaitée en conditions statiques.



Source : Infrabel



Dans cette configuration, le point de contact entre la jante et la traverse de frein correspond à la configuration des dommages et à la distance mesurée sur la traverse de frein intérieure du frein de voie de triage 222 telle que retrouvée après l'accident.

Constatation : bien qu'il ait été possible, dans les conditions de simulation statique, de positionner le bogie dans la position attendue pour créer les traces relevées durant l'enquête, cette simulation ne prouve pas qu'il soit possible pour un wagon d'arriver avec un bogie dans une telle position lorsqu'il parcourt la voie 222 depuis le dernier aiguillage jusqu'au frein de voie 222.

5. CONCLUSIONS

5.1. CONCLUSIONS

Le déroulement de l'accident le plus probable retenu par l'OE est le suivant : les deux wagons descendent de la bosse de triage, passent par divers aiguillages et freins dans la voie, parcourent à vitesse contrôlée la voie 222 ; au niveau du frein de la voie 222, le premier wagon déraile, bascule et entraîne le second wagon.

Certaines incertitudes n'ont pas pu être levées durant l'enquête : la fuite de toluène et l'intervention des services de secours n'ont pas permis que le site de l'accident soit accessible pour que l'OE puisse effectuer ses propres constats, mesures et contrôles directement après l'accident. De plus, suite à l'indispensable intervention des services de secours et des pompiers spécialisés de BASF, l'état de certains éléments a pu être altéré, notamment au niveau du frein de la voie triage 222.

Pour comprendre le déraillement survenu, diverses mesures, reconstitutions et tests ont été réalisés au cours de l'enquête. Mais les raisons du déraillement du premier wagon n'ont pas pu être établies avec certitude : aucun des éléments analysés pris isolément (tracé de la voie 222, frein de la voie de triage, caractéristiques des wagons) ne peut expliquer le déraillement.

L'hypothèse retenue par l'OE pour expliquer le déraillement du premier wagon est une conjonction de facteurs : la vitesse des wagons après le frein de descente en conjugaison avec le tracé de la voie 222 ont pu engendrer des forces agissant sur les wagons ; la roue droite, du premier axe du wagon de tête, serait montée sur la traverse du frein de voie dont il a été constaté durant l'enquête que la position était anormale. L'enquête a révélé que les boulons de fixation de la traverse de frein étaient desserrés : ceci pourrait avoir amené la traverse dans une position anormale à la suite du freinage durant le passage de wagons précédents.

5.2. LES MESURES PRISES DEPUIS LE FAIT SURVENU

5.2.1. INFRABEL

Grâce à l'enquête et aux analyses très approfondies réalisées par les services techniques, une forte prise de conscience s'est développée au sein de tous les services d'Infrabel concernés quant à l'importance des facteurs ci-dessous pour l'exploitation et la maintenance d'une installation de tri automatique :

1. Suivi strict des inspections régulières, de la lubrification, de la maintenance et du réglage des parties mécaniques et hydrauliques de l'installation de tri automatique.
2. Suivi précis du paramétrage de l'installation de tri automatique, principalement en fonction du tracé de la voie et de l'évolution de la résistance au roulement du matériel sur les voies, afin que les vitesses des wagons triés et le rapport entre forces latérales et verticales (ratio L/V) restent sous la limite critique d'enjambement et de déraillement.
3. Influence du tracé de la voie et du type d'aiguillages sur le comportement dynamique des wagons triés, ainsi qu'évaluation périodique de l'usure latérale des rails et des aiguillages, afin d'identifier et de suivre les zones à risque d'enjambement et de déraillement sur le tracé.

L'enquête a montré que le risque de déraillement de wagons lourdement chargés augmente lorsque les deux derniers facteurs évoluent négativement, même si les paramètres pris séparément restent dans les tolérances légales et techniques. Le facteur supplémentaire des wagons-citernes non-compartmentés, où les forces de réaction axiales et latérales d'un grand volume et d'une grande masse de liquide agissent pendant le triage, renforce assurément l'effet dynamique.

Les mesures préventives déjà prises durant l'enquête, et qui seront maintenues, renforcées ou adaptées à l'avenir, se concentrent principalement sur les deux derniers facteurs.

Les mesures d'amélioration déjà prises, en cours et planifiées, ainsi que d'autres propositions, sont énumérées ci-après :

1. Essais de fonctionnement et modification des "paramètres de base" de l'installation de triage automatique des faisceaux C ;
2. Contrôle et ajustement des "paramètres utilisateur" de l'installation de triage automatique des faisceaux B ;
3. Suivi strict de la maintenance et de l'état technique de l'installation de tri automatique d'Antwerpen Noord ;
4. Essais de fonctionnement et mesures pour la remise en service de la voie de triage 222 ;
5. Suivi précis de tous les incidents et anomalies lors du tri automatique à Antwerpen Noord par l'équipe d'enquête I-CBE.14 ;
6. Installation d'un réseau de caméra de surveillance sur le site d'Antwerpen-Noord afin d'évaluer visuellement le comportement dynamique de wagon et tranches.

6. RECOMMANDATIONS

Au vu des mesures prises par Infrabel (cf. 5.2), l'Organisme d'Enquête n'émet aucune recommandation.



Organisme d'Enquête sur les Accidents et Incidents Ferroviaires
<https://www.oeaif.be>

