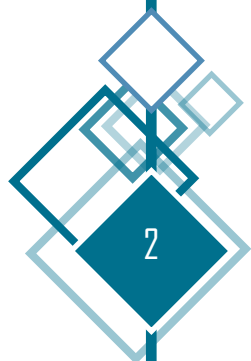


Rapport - Enquête de Sécurité

Double dépassement de signal d'un train international Antwerpen-Luchtbal - 1 novembre 2015



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 de contradiction entre certains termes et expressions, seule la version en néerlandais fera foi.

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES

Nature de l'incident :	dépassement de signal
Type d'enquête de sécurité :	incident à enquête restreinte de sécurité
Date et heure de l'incident :	le 1er novembre 2015 vers 10h49
Lieu de l'accident :	Antwerpen, à proximité du point d'arrêt Antwerpen-Luchtbal, L.25
Train :	train de voyageurs SNCB E9227, Bruxelles Midi - Amsterdam CS avec environ 250 occupants. Locomotive HLE 2806, type TRAXX, détenteur SNCB. La locomotive est équipée des dispositifs Memor (réseau belge) et ATB (réseau néerlandais). 6 voitures, détenteur auxiliaire NS. Personnel de l'auxiliaire NS.
Infrastructure :	entre Bruxelles-Midi et Mechelen, les lignes sont entièrement équipées de crocodiles et partiellement du TBL1+ et du ETCS Level 1. Entre Mechelen et Antwerpen-Luchtbal, la L.25 est équipée de crocodiles et, là où le Masterplan le prévoit, d'une signalisation latérale TBL1+ et d'une signalisation de cabine ETCS Level 1.
Faits bruts :	à la sortie du tunnel Antwerpen-Centraal, le train E9227 franchit les signaux G-R.12 et J-R.12, en position fermée, sur la L.25. Aucun itinéraire n'est défini vers la L.12 : le train poursuit sa route sur la L.4 où il s'immobilise après intervention d'un agent de surveillance du Bloc 12 Antwerpen-Berchem.
Conséquences :	retards et suppressions de trains - il n'y a ni victime ni dégâts matériels.
Cause directe :	l'organisme d'enquête retient l'hypothèse suivante : le double franchissement de signal résulte d'un état d'hypovigilance suite à la fatigue.
Causes indirectes :	le dépassement de signal a été rendu possible par : - l'absence à bord de la locomotive d'une assistance à la conduite de type TBL1+ ou d'une signalisation de cabine de type ETCS Level 1 ou 2. - le fait de ne pas tenir compte de l'idée de "rouler sans conflit" : si le risque de rencontrer un signal fermé est réduit, logiquement, le risque de SPAD diminue. Le risque de rencontrer un signal fermé peut être réduit en veillant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires.
Cause sous-jacente :	l'absence d'une LMRA ou d'un système de détection de vigilance des conducteurs de train. La mise en œuvre d'un FRMS (Fatigue Risk Management System) de qualité augmente la probabilité de détecter à temps l'inaptitude d'un conducteur ainsi que les problèmes liés à un éventuel défaut de vigilance de sa part pendant la conduite.
4 recommandations	ont trait à la consommation de médicaments, à la conduite sans conflit, à la technologie à bord des trains et à l'adoption d'un FRMS efficace.

2. APERÇU DES FAITS

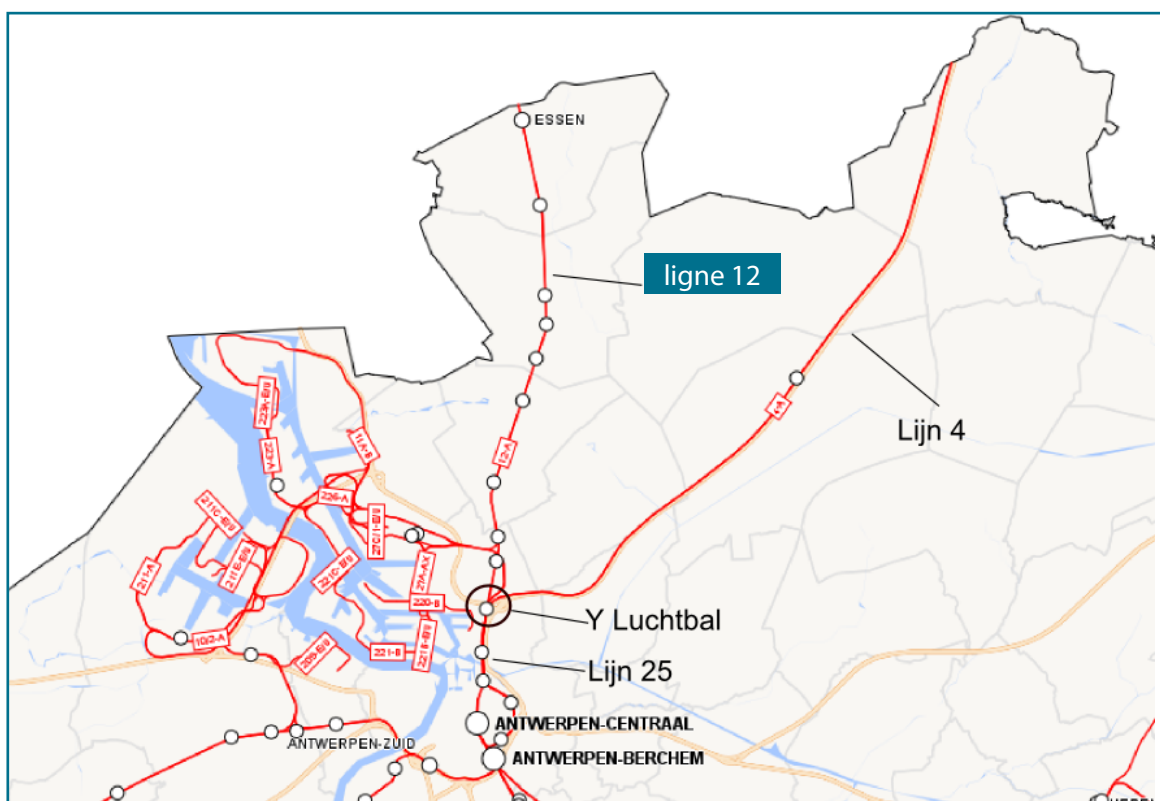
Le dimanche 1^{er} novembre 2015, après un arrêt régulier en gare d'Antwerpen-Centraal, le conducteur du train E9227 obtient le signal vert de départ. A 10h45, le train E9227 quitte la gare d'Antwerpen-Centraal par la voie A de la L.25.

En route, le conducteur passe le signal A455, qui affiche un double jaune. Tardivement mais sans freinage d'urgence, le conducteur confirme au moyen du bouton Memor avoir vu le signal restrictif double jaune.

Le signal restrictif double jaune A455 implique que le conducteur du train doit adapter la vitesse du train pour pouvoir s'immobiliser à temps, dans le cas présent devant le signal fermé G-R.12. Néanmoins, le conducteur continue d'accélérer jusqu'à 90km/h et franchit successivement les signaux G-R.12 (10h48) et J-R.12 (10u49), tous deux en position fermée.

En situation normale, en aval du signal J-R.12, le train est aiguillé de la L.25 vers la L.12 mais, vu que la cabine de signalisation n'a pas encore défini l'itinéraire et que le dernier itinéraire qu'elle a défini menait vers la L.4, le train poursuit sa course de la L.25 vers la L.4. Finalement, le train s'immobilise sur la L.4, environ 1 km avant la zone de transition de tension de la caténaire de 3KV à 25 KV. Le train a parcouru 2,15 km après le premier dépassement de signal.

A la suite du dépassement de signal, 250 passagers doivent être évacués et un certain nombre de trains sont supprimés. Il n'y a pas de danger immédiat de collision.



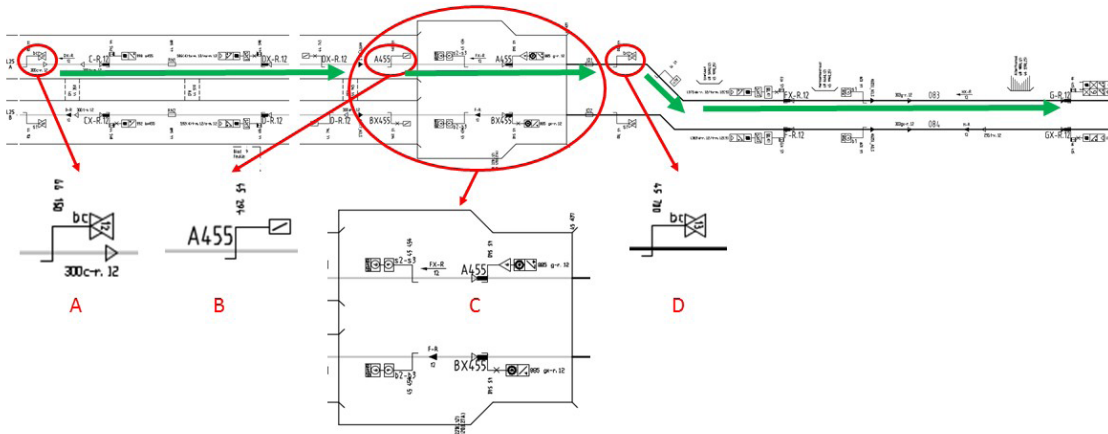
3. CIRCONSTANCES LOCALES

Au sortir du tunnel d'Antwerpen-Centraal, le train roule vers le nord. Le temps est beau et clair avec une visibilité de plus de 200 m. Les signaux A455, J-R.12 et G-R.12 ainsi que les panneaux de signalisation sont clairement visibles.

4. INFRASTRUCTURE

Les signaux et les aiguillages entre Antwerpen-Centraal et Antwerpen-Luchtbal sont desservis par le Blok 12 à Berchem, qui est équipé de la technologie EBP / PLP.

La signalisation entre Antwerpen-Centraal et Antwerpen-Luchtbal est expliquée à l'aide des plans de signalisation schématiques ci-dessous. L'itinéraire suivi et l'itinéraire à suivre sont illustrés par des flèches.

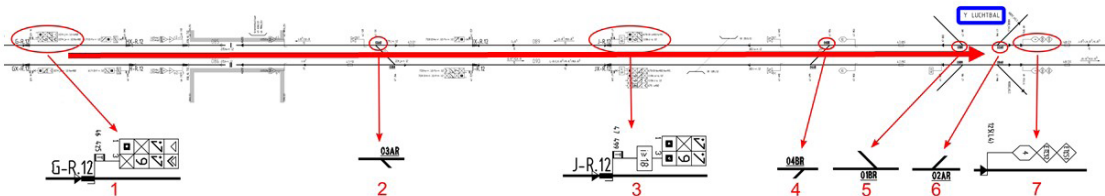


Ligne 25 : PSS (Plan Schématique de Signalisation) entre Antwerpen Centraal et la bifurcation Luchtbal

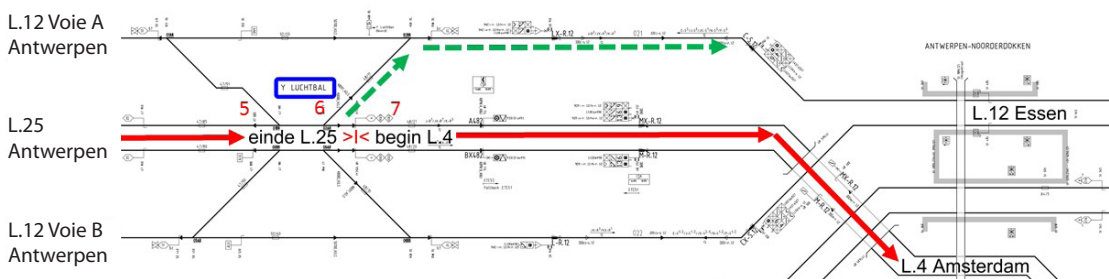
Légende

Itinéraire défini

- A** panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent, vitesse maximale 120 km/h
- B** signal répéteur du signal A455
- C** signal non desservi A455
- D** panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent, vitesse maximale 130 km/h



Ligne 25 : PSS (Plan Schématique de Signalisation) entre Antwerpen Centraal et la bifurcation Luchtbal



Ligne 25 : PSS (Plan Schématique de Signalisation) - Zoom sur la bifurcation Luchtbal en direction de Antwerpen Noorderdokken

Légende

Itinéraire non encore défini

Itinéraire après dépassement du 1^{er} signal

- 1** signal desservi G-R.12
- 2** aiguillage 03AR
- 3** signal desservi J-R.12
- 4** aiguillage 04BR
- 5** aiguillage 01BR
- 6** aiguillage 02AR
- 7** début Ligne 4

5. PARTIES CONCERNÉES

Le service Intercity Bruxelles-Amsterdam est le fruit d'une collaboration entre l'Etat des Pays-Bas, la Nederlandse Spoorweg NV (NS ou chemins de fer néerlandais) et la Société nationale des chemins de fer belges (SNCB). Il existe entre les parties un accord de coopération qui dispose notamment que le service des trains est assuré conjointement et doit satisfaire à toutes les réglementations en vigueur pour garantir le transport des voyageurs en toute sécurité et avec un niveau de qualité élevé.

L'entreprise ferroviaire SNCB

Les directions de la SNCB qui sont particulièrement impliquées dans l'enquête sont :

- La direction Transport (B-TR), chargée de la gestion opérationnelle : B-TR organise l'offre nationale de trains, établit les horaires (B-TR.4) et suit le trafic ferroviaire en temps réel (B-TR.5 RDV). B-TR est responsable de la gestion du matériel roulant, des conducteurs de train (B-TR.1 et 2), des accompagnateurs de train (B-TR.3), de la surveillance et de la sécurité corporate (B-TR.6) et de la sécurité de l'exploitation (B-TR.8).
- La direction Technics (B-TC), chargée de l'achat, de la modernisation et de l'entretien du matériel roulant. La mission de la direction consiste à mettre à la disposition des clients un matériel suffisant, sûr et fiable qui est adapté aux besoins opérationnels et commerciaux pour offrir aux voyageurs un service de qualité.

La SNCB intervient comme transporteur sur le territoire belge et met à disposition des unités de traction permettant d'assurer le service des trains à une vitesse maximale de 160 km/h.

Le train IC est tracté par une locomotive HLE 2806 de type Traxx, détenue par la SNCB et équipée d'un système d'aide à la conduite de type Memor pour le réseau belge. Il n'y a pas d'équipement d'aide à la conduite de type TBL1+ ni de signalisation de cabine de type ETCS Level 1 ou 2 à bord de la locomotive¹. La locomotive est également équipée d'un système d'aide à la conduite de type ATB (Automatisch Trein Beïnvloeding) ou système de contrôle automatique de la vitesse des trains pour le réseau néerlandais.

L'auxiliaire Nederlandse Spoorwegen

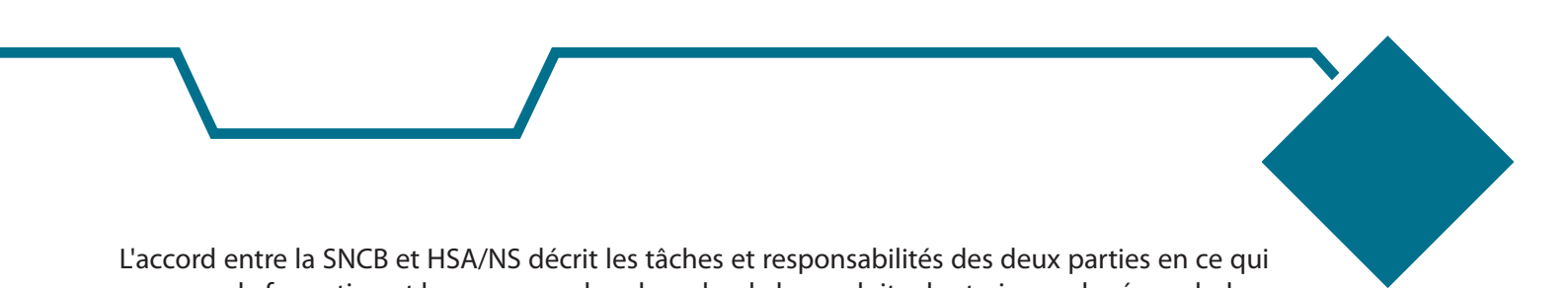
HSA/NS² intervient comme transporteur sur le territoire néerlandais et met à disposition des voitures et des voitures-pilotes compatibles³ qui sont appropriées pour le service des trains. NS est le détenteur des voitures de voyageurs. NS met également des conducteurs de train à disposition.

L'accord de coopération prévoit que les conducteurs de train, les accompagnateurs de train et le matériel roulant de la SNCB et de HSA/NS satisfont aux exigences imposées par les prescriptions légales et réglementaires en vigueur respectivement aux Pays-Bas et en Belgique et par le gestionnaire de l'infrastructure en ce qui concerne la sécurité de l'exploitation, la conduite des trains, l'accompagnement des trains, l'exploitation des trains et le matériel roulant. Les dispositions relatives au respect des temps de conduite et de repos en font partie.

¹ Le SSICF confirme l'autorisation de mise en service des locomotives de type TRAXX ayant la configuration 7D et 7D1 et équipées de la technologie TBL1+ et ETCS L1. Ces locomotives sont mises en service pour la liaison IC entre Bruxelles et Amsterdam. Les autorisations ont été accordées en juin et en septembre 2016.

² Comme indiqué dans l'accord. D'un point de vue formel, NS Internationaal est l'entreprise ferroviaire qui est visée ici, mais il est encore question de HSA dans l'accord.

³ Des voitures-pilotes appelées stuurstandrijtuigen aux Pays-Bas ou motorrijtuigen en Belgique ont été reprises dans les compositions de train. Toutefois, elles ne peuvent, sur le plan technique/opérationnel, être utilisées comme voitures-pilotes en combinaison avec une motrice TRAXX de type 28. Par conséquent, la voiture est uniquement utilisée pour le transport des voyageurs.



L'accord entre la SNCB et HSA/NS décrit les tâches et responsabilités des deux parties en ce qui concerne la formation et les examens dans le cadre de la conduite des trains sur le réseau belge. Cet accord s'applique aux conducteurs de train de HSA/NS dans le cadre de la conduite de trains sur l'infrastructure ferroviaire belge.

L'accord de coopération renvoie au manuel HLT, mais ne prévoit pas de clauses concernant la sécurité de l'exploitation. L'accord de coopération et les règles internes de l'entreprise ferroviaire ne prévoient par exemple aucune procédure pour contrôler si les conducteurs de train sont aptes au travail (fit for duty) avant le début du service ni aucune procédure permettant d'évaluer le niveau de fatigue des conducteurs de train pendant l'exploitation, et ce en fonction de paramètres médicaux (maladie), psychologiques, (stress, burn out) ou physiques (condition physique).

Le conducteur de train néerlandais dispose des autorisations nécessaires pour rouler sur le réseau belge.

Infrabel, direction Traffic Management & Services

Les directions d'Infrabel qui sont particulièrement impliquées dans l'enquête sont :

- I-ICT, chargée des réseaux et systèmes de communication
- I-TMS, chargée du contrôle, notamment en temps réel, de l'ensemble des mouvements
- I-AM, chargée de la gestion et de l'entretien des voies et des appareils de voie

La SNCB doit demander la capacité nécessaire à Infrabel et Infrabel attribue les sillons sur le réseau belge.

Le jour de l'incident, il n'y a pas de travaux sur la L.25 dans la zone située entre Antwerpen-Centraal et Y-Luchtbal et l'analyse des images EBP et du log LARA indique que la signalisation est en ordre d'un point de vue fonctionnel.

Le train E9227 roule entre Bruxelles et Anvers conformément à l'horaire fixé et part de la gare d'Antwerpen-Centraal à l'heure prévue. Au moment du départ à Antwerpen-Centraal, l'itinéraire du train E9227 n'est défini que jusqu'au signal G-R.12 fermé.

Le Gestionnaire de l'infrastructure étudie actuellement un système de planification sûre, notamment en veillant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires.

Le système GSM-R a fonctionné normalement et les conversations avec le conducteur de train ont été enregistrées via le système Etrali. Le contrôle en temps réel par le Gestionnaire de l'infrastructure permet de constater à temps le dépassement du signal : à 10h49:18, le sous-chef de gare du Bloc 12 somme le conducteur du train Intercity de s'arrêter immédiatement.

Les dépassements de signal sont enregistrés dans le logbook EBP à 10h48:17 et 10h49:00. Les systèmes EBP, Lara et Etrali ne sont pas synchronisés et enregistrent des heures légèrement différentes.

6. RÉGLEMENTATION

Quelques règles applicables aux événements:

HLT II.B.7 2 Arrêt du convoi

L'article 2.1 relatif à l'arrêt du convoi dispose que:

"le conducteur provoque immédiatement l'arrêt du convoi :

... lorsque son état physique ou psychique l'empêche de conduire son convoi en toute sécurité" ...

Un document interne NKN6000 dispose ce qui suit *"si vous êtes un conducteur de train..., avertissez dès que possible et avant le début du service votre bureau de permanence local 3x8 à Bruxelles qui fait partie de la Cellule technique conducteurs (CTC) dont votre dépôt fait partie".*

Ni le document ni l'accord de coopération ne mentionnent avec qui les conducteurs de train néerlandais doivent prendre contact dans de telles situations. En principe, on s'attend à ce qu'ils prennent contact avec le service Product Control à Amsterdam.

HLT II.B.2

Alors qu'il ne s'y attend pas, le conducteur constate le fonctionnement du sifflet ou le clignotement de la lampe jaune.

Si ce fait est imputable:

- *à la présence d'un grand signal éteint, le conducteur considère que le signal est un signal douteux et applique les prescriptions réglementaires prévues ;*
- *à la présence d'un triangle d'annonce de réduction de vitesse, ou d'une balise à chevrons, le conducteur respecte la mission restrictive annoncée ;*
- *à la présence d'un panneau repère de crocodile, d'un signal ou d'un panneau s'adressant au sens de circulation opposé, le conducteur poursuit normalement la marche ; il rédige un télégramme «Crocodile» E361 s'il s'agit d'un signal ou d'un panneau permanent pris à revers⁴. Dans les autres cas et s'il est certain qu'il ne s'agit pas d'un grand signal d'arrêt éteint, le conducteur adopte au plus vite la marche à vue. La marche normale ne peut être reprise :*
- *qu'en aval du grand signal d'arrêt suivant et, en aucun cas, avant d'avoir parcouru une distance de 1500 m ;*
- *à défaut d'avoir rencontré un grand signal d'arrêt, qu'après avoir parcouru 3 km.*

Le manuel HLT fait partie intégrante de la réglementation interne pour les conducteurs de train. Le conducteur de train a bénéficié d'une formation. Il connaît cette réglementation et est supposé l'appliquer.

Les entreprises ferroviaires veillent à ce que la réglementation soit appliquée.

RGE 511 § 2.8 Ordre de priorité des trains

L'ordre de priorité repris dans la liste ci-dessous, doit toujours être appliqué avec discernement. Lors de perturbations, il faut en temps réel prendre les décisions qui affectent le moins possible le service des trains dans sa globalité.

Il ressort du tableau que le train international doit avoir la priorité dans les circonstances données.

⁴ Comme indiqué dans le HLT : Infrabel signale que ce n'est plus en vigueur depuis quelque temps déjà

Mesures préventives

Le livret HLT II.B.7 prévoit que les conducteurs de train doivent s'arrêter lorsque leur état physique ou psychique est douteux.

HLT I.3 §3.1 Pendant le service

Ce chapitre prévoit que, pendant la conduite, le conducteur de train *"n'écoute pas de musique et n'utilise que les appareils multimédia fournis par l'employeur (ex. appareil IDA, GSM de service). D'autres appareils multimédia ne peuvent se trouver sur le pupitre de conduite.*

Le conducteur de train ne rédige sur son rapport M510 que de brèves annotations relatives à la marche du convoi ; n'effectue aucune autre action qui pourrait détourner son attention y compris la consultation de l'appareil IDA ; observe la voie dans la mesure du possible ; ..."

Les procédures prévues dans le document interne NKN6000 ne s'appliquent pas aux conducteurs de train néerlandais. Les conducteurs de train néerlandais des chemins de fer néerlandais utilisent un logiciel qui leur est propre. En cas de problèmes pour rouler, ils sont supposés prendre contact avec le service Product Control de NS à Amsterdam.

L'enquête montre qu'au début d'un service, il n'y a pas de contrôle direct de la LMRA en ce qui concerne l'état de forme des conducteurs de train. La seule possibilité est que le conducteur de train se déclare hors forme par téléphone ou par voie électronique. La tâche de se déclarer inapte au service incombe entièrement aux conducteurs de train qui sont supposés pouvoir poser un autodiagnostic fiable.

7. L'INFRASTRUCTURE

Ligne 25

La ligne 25 est une ligne à double voie, électrifiée en 3 kV et caractérisée par une vitesse de référence de 160 km/h entre Mechelen-Nekkerspoel et Antwerpen-Y Luchtbal. Dans cette zone, la L.25 est équipée d'une signalisation latérale Memor ainsi que - là où le Masterplan le prévoit - d'une signalisation TBL1+ et d'une signalisation de cabine ETCS Level 1.

Le train roule sur la voie A en direction des Pays-Bas.

Ligne 4

La ligne 4 est une ligne à double voie, électrifiée en 25 kV et caractérisée par une vitesse de référence de 300 km/h entre Antwerpen-Y Luchtbal et Frontière ProRail (Breda, Pays-Bas). La L.4 est équipée du système de signalisation de cabine ETCS Level 1 et 2.

Ligne 12

La ligne 12 est une ligne à double voie, électrifiée en 3 kV et caractérisée par une vitesse de référence de 130 km/h entre Antwerpen-Y Luchtbal et Y Sint-Mariaburg. La L.12 est équipée du système de signalisation de cabine ETCS Level 1 et d'une signalisation latérale de type TBL1+ (eurobalises) et Memor (crocodile).

Les lignes 4, 12 et 25 sont équipées de GSM-R et sont desservies par la technologie EBP à partir du Bloc 12 Antwerpen-Berchem.

Panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent

Dans les tunnels d'Anvers, on trouve, à environ 200 m en aval du signal de départ S-M.12, un premier panneau de fin de zone jaune permanent portant l'inscription 9 et, à 180 m en aval du premier panneau, un deuxième panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent portant l'inscription 12. Les panneaux indiquent que la vitesse du mouvement peut être augmentée en deux étapes à respectivement 90 et 120 km/h. Une accélération ne peut être amorcée qu'au moment où la dernière voiture du mouvement a dépassé le signal et naturellement à condition que les signaux ne donnent pas d'autres instructions.

Signal A455

Le signal A455 se trouve à la fin du tunnel, là où le tunnel passe dans un puits partiellement à ciel ouvert.



La visibilité du signal A455 est, en soi, bonne, mais son placement après un virage fait que son aspect peut être aperçu tardivement.

Pour remédier à ce problème, le signal est répété avant le virage (voir ci-après).

Le signal A455 est un signal non desservi équipé de la technologie TBL1+ et d'un crocodile. Le signal peut présenter un aspect rouge, vert, vert-jaune horizontal ou double jaune et est équipé d'un panneau de vitesse "9".

- lorsque le signal présente un aspect vert-jaune horizontal, le passage en grand mouvement est autorisé et la vitesse du mouvement doit être réglée de telle sorte que la réduction de vitesse imposée par le grand signal d'arrêt suivant puisse être respectée.
Au signal suivant, une limitation de la vitesse à au moins 90 km/h sera de mise.
- lorsque le signal présente un aspect double jaune, le passage en grand mouvement est autorisé et la vitesse du mouvement doit être adaptée de telle sorte que le train puisse s'arrêter avant le prochain grand signal d'arrêt ou signal d'arrêt simplifié.
Un conducteur de train peut rencontrer cet aspect de signal lorsqu'un autre mouvement croise l'itinéraire à suivre ou roule devant lui par exemple.

Le signal A455 n'est pas équipé du système ETCS au moment de l'incident.

Signal répétiteur A455

Le signal répétiteur A455 se trouve dans le tunnel, à 250 m en amont du signal A455.
La visibilité du signal répétiteur est bonne.



Un signal répétiteur n'est pas équipé du système TBL1+ ou d'un crocodile:

- un trait horizontal indique que le passage est interdit ou un passage en grand mouvement avec réduction de vitesse ;
- un trait oblique indique qu'un passage en grand mouvement sans réduction de vitesse est autorisé.

Le 1/11/2015, le log LARA enregistre les événements suivants:

- à 10h41:31, le signal A455 présente un aspect double jaune;
- à 10h41:33, le signal répétiteur A455 présente un trait oblique.

Sortie du tunnel

La sortie du tunnel et l'éclairage dans le tunnel ont été conçus de manière à passer progressivement de l'obscurité à la lumière.



Panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent

A 63 m en aval de la fin du tunnel ferroviaire, on trouve un panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent portant l'inscription 13. Le panneau donne la vitesse maximale autorisée à partir de cet endroit (130 km/h). Le mouvement ne peut augmenter sa vitesse jusqu'à la valeur indiquée qu'à partir du moment où la dernière voiture a franchi ce panneau.

Vu que le dernier signal rencontré (signal A455) présente un aspect restrictif, le conducteur de train ne peut PAS augmenter la vitesse de son train à 130 km/h, mais doit adapter sa vitesse de telle sorte qu'il puisse s'arrêter avant le signal suivant, qui est le signal G-R.12.

Signal G-R.12

Le signal G-R.12 se trouve à 885 m en aval du signal A455 et à 100 m en aval de la fin du pont sur le Canal Albert.

La visibilité du signal G-R.12 est bonne.



Venant d'Anvers, la voie monte jusqu'à ce pont. Après le pont, la voie descend en direction des Pays-Bas. Le signal G-R.12 est orienté vers le sud et est surélevé afin de ne pas être caché par "le sommet du pont".

Le signal G-R.12 est un grand signal desservi équipé de la technologie ETCS 1/TBL1+ (eurobalises) et d'un crocodile. Le signal peut présenter un aspect rouge, vert, vert-jaune horizontal, vert-jaune vertical ou double jaune.

Le 1/11/2015, le log LARA enregistre les événements suivant:

- à 10h41:24, le signal G-R.12 présente un aspect rouge après le passage d'un mouvement;
- à 10h48:13, passage du train E9227 au signal G-R.12.

Remarque concernant les systèmes TBL1+ et ETCS L1:

Lorsque le signal A455 présente un aspect restrictif, le conducteur de train doit adapter la vitesse de son mouvement. À 300 m en amont du signal G-R.12, des eurobalises sont placées sur les voies : si la vitesse d'un mouvement à ces balises est supérieure à 40 km/h, le système TBL1+ s'active et un freinage automatique d'urgence s'enclenche. Cela suppose que cette technologie est présente à bord du train.

Des balises TBL1+ sont placées au pied du signal G-R.12 : lorsqu'un mouvement franchit ces balises alors que le signal G-R.12 est fermé, le mouvement est automatiquement immobilisé via un freinage d'urgence. Cela suppose que cette technologie est présente à bord du train.

Pour les mouvements équipés de la technologie ETCS, il y a la même garantie que les trains seraient immobilisés à temps.

Triangle d'annonce avec crocodile

En roulant sur la voie A, on trouve, en aval du signal G-R.12, un triangle d'annonce pour une zone à vitesse limitée permanente, qui est équipé d'une balise TBL1+ et d'un crocodile.

Le conducteur de train rencontre ce panneau en sens inverse : il ne peut donc le lire. Le triangle annonce une vitesse réduite d'au moins 50 km/h et donne la vitesse maximale autorisée dans cette zone pour les trains qui viennent de la direction opposée.

Signal J-R.12

Le signal J-R.12 se trouve à 1074 m en aval du signal G-R.12, du côté extérieur d'un virage.

La visibilité du signal J-R.12 est bonne.



Le signal J-R.12 est un grand signal desservi équipé de balises ETCS/TBL1+ (eurobalises) et d'un crocodile. Le signal peut présenter un aspect rouge, vert, vert-jaune horizontal, vert-jaune vertical ou double jaune.

Le 1/11/2015, le log LARA enregistre les événements suivants:

- à 10h43:43, le signal J-R.12 présente un aspect rouge après le passage d'un mouvement;
- 10h48:57, passage du train E9227 au signal J-R.12.

Remarque concernant les systèmes TBL1+ et ETCS 1:

Lorsque le signal J-R.12 est fermé, on attend du conducteur de train qu'il adapte la vitesse de son mouvement. A 279 m en amont du signal J-R.12, des eurobalises sont placées sur les voies : si la vitesse d'un mouvement à ces balises est supérieure à 40 km/h, le système TBL1+ s'active et un freinage automatique d'urgence s'enclenche. Cela suppose que cette technologie est présente à bord du train.

Des eurobalises sont placées au pied du signal J-R.12 : lorsqu'un mouvement franchit ces balises alors que le signal J-R.12 est fermé, le mouvement est automatiquement immobilisé via un freinage d'urgence. Cela suppose que cette technologie est présente à bord du train.

Pour les mouvements équipés de la technologie ETCS, il y a la même garantie que les trains seraient immobilisés à temps.

Aiguillages

En aval du signal J-R.12, le train E9227 franchit les aiguillages 04BR (position à droite), 01BR (position à gauche) et 02AR (position à droite) sans itinéraire défini : les aiguillages sont en position "tout droit" et ne sont pas talonnés.

Dans des conditions normales d'exploitation, le train doit franchir l'aiguillage 02AR en roulant vers la L.12. Le 1/11/2015, le train roule de la L.25 vers la L.4.

Panneau repère de la Ligne 4 portant la mention ETCS1 et ETCS2

Un panneau repère donne le numéro de la ligne sur laquelle s'engage le mouvement ou bien sa direction. La ligne 4 est équipée du système de signalisation de cabine ETCS1 et ETCS2.

Toutes les données concernant la "movement authority" sont transmises à l'équipement de bord via des "eurobalises" au moment où celles-ci sont franchies (transmission ponctuelle). Les données relatives à la vitesse sont transmises par ces mêmes eurobalises (dans ETCS level 1). La détection de "voie libre" et le contrôle de la sortie de la totalité du train se font via les équipements au sol (circuits de voie, compteurs d'essieux, ...).

La distance entre les trains est réglée par les sections.

Dans la zone située entre Y-Luchtbal et la frontière avec ProRail (Pays-Bas), seule la L.4 est équipée du système de signalisation de cabine ETCS. Un mouvement qui n'est pas équipé du système de signalisation de cabine ETCS "n'écoute" pas les données transmises par les eurobalises. Cela implique qu'un mouvement qui n'est pas équipé du système de signalisation de cabine ETCS 1 ou 2 et qui s'engage sur la L.4 ne peut être immobilisé que par l'intervention du conducteur de train ou par la coupure de l'alimentation. Par conséquent, de tels mouvements sont interdits.

Repères d'arrêt A482 et A491

Ils matérialisent l'endroit où l'arrêt peut être imposé. Par analogie avec la signalisation latérale, les repères d'arrêt sont "fermés" s'ils interdisent le passage lorsque la signalisation de cabine impose l'arrêt. Sinon, ils sont "ouverts".

Les repères d'arrêt doivent être clairement distingués des signaux et sont une indication claire qu'un mouvement s'engage sur une ligne équipée d'un système de signalisation de cabine. Le système de signalisation de cabine ETCS remplace les systèmes d'aide à la conduite de type TBL1+ et Memor.

Pour rouler sur le réseau Infrabel, le train E9227 est seulement équipé du système Memor et ne reçoit donc aucune impulsion aux repères d'arrêt. La vitesse du train au repère d'arrêt A482 est de 90 km/h.

Moyens de communication

Le train et la L.25 sont équipés de la technologie GSM-R. Lorsque le Bloc 12 Antwerpen-Berchem constate le dépassement du signal, l'agent de surveillance concerné avertit immédiatement le conducteur de train via le réseau GSM-R en lui intimant l'ordre de s'arrêter immédiatement.

Dans la fiche SPAD, on peut lire ce qui suit : *Aucune alarme GSM-R n'est émise parce que, hormis le train responsable du SPAD, il n'y avait pas d'autres mouvements impliqués.*

En réalité, l'envoi immédiat d'un appel d'urgence après le premier dépassement de signal aurait pu permettre d'éviter (de justesse) le deuxième dépassement de signal.

Les appareils GSM-R et le réseau GSM-R ont fonctionné correctement.

.

Le train franchit les signaux G-R.12 et J-R.12 en position fermée.
Entre les deux signaux, le passage à un crocodile est acquitté "tardivement".

L'acquiescement "tardif" intervient à un triangle d'annonce situé sur la voie A. Ce triangle est destiné à un mouvement roulant à contre-voie (mouvements en direction d'Anvers). Le triangle d'annonce est uniquement visible pour un mouvement qui roule à contre-voie sur la voie A:

- seul un conducteur de train roulant à contre-voie doit régler la vitesse du mouvement de sorte qu'il puisse respecter la vitesse indiquée à partir du panneau d'origine annoncé
- comme la limitation de vitesse imposée s'élève à 50 km/h par rapport à la vitesse de référence, ce panneau est équipé d'un système d'aide à la conduite (crocodile et balise TBL1+): chaque train équipé d'un système d'aide à la conduite de type Memor ou TBL1+ et qui roule à contre-voie recevra une impulsion au moment de franchir le crocodile et doit confirmer qu'il a capté l'information sur la réduction de vitesse en appuyant sur le bouton Memor.

Lorsqu'un itinéraire en direction des Pays-Bas est défini, un conducteur de train ne peut lire l'information sur le panneau de vitesse de référence et son train ne reçoit pas d'impulsion au crocodile. Comme il n'y a pas encore de nouvel itinéraire défini le 1/11/2015, le crocodile donne malgré tout une impulsion au franchissement du panneau de limitation de vitesse. Le conducteur de train ne remarque pas cette situation anormale, il acquiesce et ne donne aucune suite (ralentir) à cette impulsion.

Après le dépassement du signal au signal J-R.12 fermé, le train franchit le repère d'arrêt A482.

Un repère d'arrêt ne donne aucun aspect susceptible d'être capté par un conducteur de train et le signal ne peut donner aucune information à un train qui est uniquement équipé de la technologie Memor.

Après le passage au repère d'arrêt A482, le train est immobilisé suite à un freinage amorcé par le conducteur de train après appel donné via GSM-R par un employé d'Infrabel. Aucun freinage d'urgence n'est enregistré.

9. INTERFACE HOMME - MACHINE - OPÉRATION

Automédication

L'enquête a permis de déterminer avec certitude que les dépassements de signaux résultent d'un problème d'hypovigilance.

Les problèmes d'hypovigilance sont très souvent liés au rythme circadien (biologique) en relation avec l'hygiène de sommeil et l'accumulation de fatigue.

Outre les problèmes d'hygiène de sommeil ou d'accumulation de fatigue, d'autres facteurs peuvent également avoir une grande influence sur la vigilance. Ainsi, l'enquête a permis de constater que le fait d'être malade et l'automédication suite à un autodiagnostic de maladie comportent un risque.

Les conducteurs de train sont bien conscients que conduire sous influence n'est pas autorisé et ils sont supposés prendre des médicaments qui n'ont pas d'effets secondaires (connus) ayant des répercussions sur leur capacité de concentration.

On peut trouver les informations concernant les effets potentiels de médicaments sur la conduite dans la notice des médicaments. Aux Pays-Bas, il est, en outre, possible de reconnaître les médicaments non autorisés de manière très simple : une étiquette jaune (voir photo ci-dessous) est apposée sur l'emballage des médicaments concernés.



Source: Instituut voor Verantwoord Medicijngebruik

Le 1^{er} novembre 2015, le conducteur de train ingère un médicament qui est considéré comme sûr par des collègues. De plus, on peut lire ce qui suit sur la notice du médicament ingéré par le conducteur de train :

Conduite de véhicules et utilisation de machines

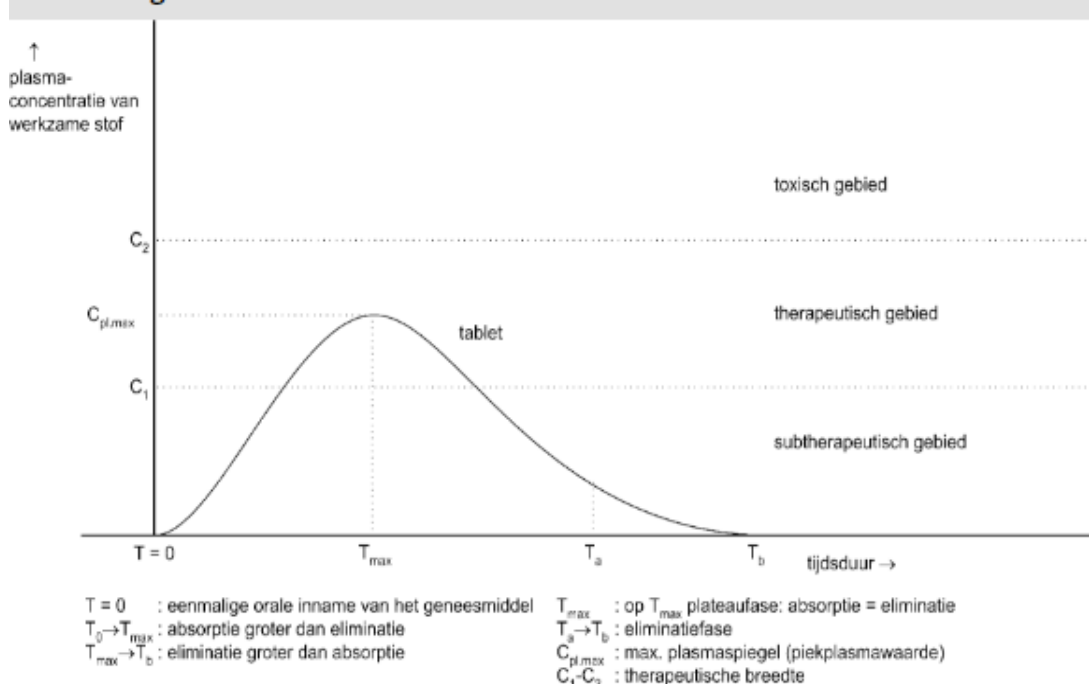
L'utilisation du "médicament" n'affecte pas l'aptitude à conduire un véhicule ou à utiliser des machines.

Pour se faire une meilleure idée des effets du médicament ingéré par le conducteur de train, l'Organisme d'enquête a pris contact avec une société pharmaceutique commercialisant le médicament disponible en vente libre.

Selon les informations obtenues, le médicament *soulage la douleur et diminue la fièvre. Généralement, la douleur est nettement moins vive une demi heure après ingestion du médicament. Le pic plasmatique est atteint dans les deux heures. La durée de cet effet antalgique dépend du type de douleur pour lequel ce médicament est ingéré. Mais dans la plupart des cas, le médicament agit trois à six heures : sa demi-vie est d'environ 3 heures.*

Le graphique ci-dessous décrit de manière très générale l'effet de l'administration orale du produit antalgique en antipyrétique dans le temps : $T_{\max}$ correspond au moment où le pic plasmatique est atteint. La zone thérapeutique (fenêtre thérapeutique) donne les concentrations auxquelles le médicament est actif.

Figuur 1 : Het verloop van de plasmaconcentratie in de tijd na eenmalige orale toediening



Source : Zorginstituut Nederland⁶

De prime abord, il semble donc n'y avoir aucun problème pour le conducteur de train : le médicament ingéré est autorisé! L'enquête révèle toutefois un phénomène inverse, à savoir le risque d'extinction de l'effet visé du médicament. Une fois que l'effet du médicament a dépassé le pic plasmatique, il évolue vers la zone sous-thérapeutique où la capacité de concentration diminue très progressivement vers un état de capacité de concentration affaiblie ou d'hypovigilance difficile à autodiagnostiquer.

On constate que les conducteurs de train et organismes ferroviaires ne sont pas suffisamment conscients du fait que l'ingestion d'un médicament peut susciter une impression trompeuse d'aptitude au service et que l'effet de chaque médicament n'est que temporaire.

10. DÉROULEMENT DES ÉVÉNEMENTS

La ligne du temps

La ligne du temps des enregistrements de trajet, des appels et des passages est représentée dans le tableau ci-dessous:

Événement	horaire	EBP	ETRALI	LARA	Vitesse (km/h)
Départ de Bruxelles-Midi	9h45				
zone thérapeutique					
zone sous-thérapeutique					
Départ d'Antwerpen-C	10h45				
A455 double jaune				10h47:30	60
SPAD signal G-R.12				10h48:14	90
SPAD signal J-R.12		10h49:05		10h48:57	90
GSM-R de Bloc 12			10h49:18		
GSM-R réponse cond.			10h49:32		
GSM-R cond. freine			10h49:39		
A482				10h49:24	90

Déroulement des événements et analyse

Le dimanche 1^{er} novembre 2015, après une nuit difficile, le conducteur de train se présente pour accomplir une tâche planifiée pour cette journée, à savoir le trajet Bruxelles-Midi – Amsterdam Centraal. Le conducteur de train s'est senti mal avant de commencer sa journée de travail et a pris un médicament. Le médicament n'a pas d'effet néfaste connu sur l'aptitude des conducteurs (de train) à la conduite.

Lorsque le conducteur de train se présente, le pic plasmatique du médicament ingéré est atteint: le conducteur de train se sent en forme, estime qu'il est apte au service et commence sa journée de travail.

Durant le trajet, un certain nombre d'éléments indiquent que la vigilance du conducteur de train diminue lentement sans qu'il signale quelque chose.

Après l'arrêt prévu à Antwerpen, le train repart. Dans un premier temps, le train accélère à 40 km/h et dans un deuxième temps, à partir du panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent portant l'inscription 9, il accélère à environ 59 km/h (vitesse au moment de franchir le signal C-R.12).

Au deuxième panneau de fin de zone jaune à bord vert portant l'inscription 12, il maintient cette vitesse, et ce jusqu'au signal A455 (vitesse de 60 km/h). Le conducteur de train respecte les limitations de vitesse et la vitesse de son train reste en dessous de la vitesse autorisée.

Le signal A455 se trouve après un virage et est précédé d'un signal répétiteur rappelant l'aspect restrictif du signal A455. Le signal répétiteur A455 présente un trait oblique.

En appuyant sur le bouton Memor, le conducteur de train confirme qu'il a capté l'aspect restrictif du signal A455. Le pointage se fait tardivement⁷, c'est-à-dire (moins de 4 s) après le dépassement du signal.

⁷ HLT.II.B.2 dispose que le pointage doit intervenir à temps, c'est-à-dire avant le dépassement du signal

A 160 m en aval du signal A455, on trouve un panneau de fin de zone jaune à bord vert permanent autorisant à augmenter la vitesse à 130 km/h. Cette information est toujours subordonnée à l'information que donnerait un signal, en l'occurrence l'adaptation de la vitesse pour pouvoir s'immobiliser avant le signal situé en aval.

Au lieu de freiner, le conducteur de train augmente la vitesse de son mouvement à 90 km/h à partir du panneau de fin de zone.

A 10h48, le train franchit le signal G-R.12 fermé, situé à 885 m en aval du signal A455, à une vitesse de 90 km/h.

Le conducteur de train déclare qu'il est distrait par une opération : en sortant du tunnel, il se lève pour prendre une boisson dans son sac. Comme le pare-soleil est à moitié abaissé, il ne peut plus voir le signal pendant quelques secondes. Il 'rate' l'indication donnée par le signal.

En aval du signal G-R.12, le crocodile d'un triangle d'annonce "9" pris à revers est sous tension. Le triangle d'annonce est destiné aux mouvements à contre-voie (en direction d'Antwerpen) et ne peut être lu par le conducteur de train.

Au passage sur le crocodile, le train enregistre une impulsion négative. Le conducteur de train confirme en appuyant sur le bouton Memor qu'il a capté le signal sonore et la lampe Memor s'allume. La confirmation s'effectue, de manière assez compréhensible, tardivement.

Dans des circonstances normales, un train roulant en direction des Pays-Bas n'enregistre jamais une impulsion au triangle d'annonce (non lisible), mais comme l'itinéraire précédent (en direction d'Anvers) n'a pas encore été supprimé, le train en direction des Pays-Bas enregistre malgré tout une impulsion. Lors de cette journée, les autres conducteurs de train ne font nullement mention d'enregistrements inattendus et aucune panne n'est enregistrée : l'impulsion négative ne résulte pas d'un problème technique.

L'aspect inattendu de l'événement explique pourquoi le conducteur de train réagit tardivement, mais suscite néanmoins des questions :

- dans l'hypothèse où le conducteur de train est vigilant, il peut poursuivre normalement le trajet à condition de rédiger un télégramme "Crocodile" E361⁸. Il ne signale rien en ce qui concerne l'événement.
- la réception d'un signal Memor inattendu à cet endroit offre au conducteur de train la possibilité de rectifier sa première perception, qui est erronée. Le conducteur de train ne réussit pas à exploiter cette information.

Le conducteur de train ne freine pas et maintient la vitesse de son train à 90 km/h.

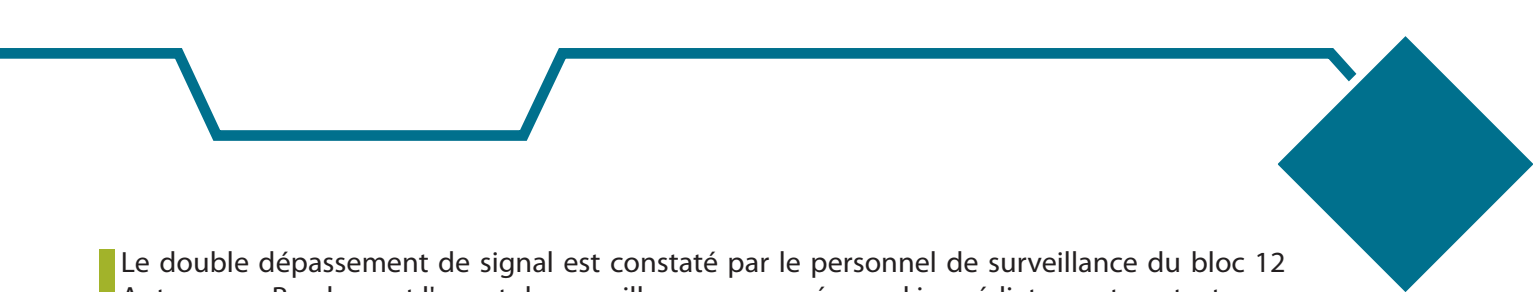
Après le passage au point d'arrêt d'Antwerpen-Luchtbal, le conducteur de train peut percevoir le signal J-R.12 fermé.

- Le signal fermé offre au conducteur de train la possibilité de rectifier ses perceptions précédentes, qui sont erronées. Le conducteur de train ne réussit pas à exploiter cette information.

A 10h49, à 1959 m en aval du signal A455, le train dépasse le signal J-R.12 fermé à une vitesse de 90 km/h.

En aval du signal J-R.12, le train ne roule pas vers la L.12, mais roule tout droit vers la L.4. De par sa connaissance de la ligne et la formation qu'il a reçue, le conducteur de train sait que la L.4 est uniquement destinée aux mouvements équipés de la technologie ETCS, dont son train n'est pas équipé. Le conducteur de train ne réussit pas à exploiter cette information. Le conducteur de train ne réussit pas non plus à identifier la présence d'un repère d'arrêt ETCS et à exploiter cette information.

⁸ Comme indiqué dans le HLT : Infrabel signale que ce n'est plus en vigueur depuis quelque temps déjà



Le double dépassement de signal est constaté par le personnel de surveillance du bloc 12 Antwerpen-Berchem et l'agent de surveillance concerné prend immédiatement contact avec le conducteur de train.

Lorsque le conducteur de train prend l'appel GSM-R, il déclare spontanément qu'il est dévoyé.

A la demande du bloc 12, il amorce un freinage. Le train s'immobilise à 556 m en amont du signal A491. Le conducteur de train confirme que le train est à l'arrêt.

A la suite du dépassement de signal, 250 voyageurs doivent être évacués et un certain nombre de trains doivent être supprimés.

Après le premier dépassement de signal, le train franchit l'aiguillage 03AR et, après le deuxième dépassement de signal, les aiguillages 04BR, 01BR et 02AR, sans causer de dommages.

Aucun train ne roule dans les environs immédiats d'Antwerpen-Luchtbal : la situation n'entraîne aucun danger immédiat.

11. ANALYSE

Selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, le moment où le conducteur de train acquitte le signal restrictif A455 correspond au moment de la perte de contrôle.

Un pointage tardif reste en soi sans conséquences mais peut donner une indication sur la vigilance du conducteur. Dans la mesure où le signal A455 est précédé d'un signal répéteur, on s'attend en principe à ce que le pointage soit réalisé à temps, avant même le passage au signal.

- ➔ Le signal A455 est clairement visible. En effet, il est placé à la fin du tunnel dans une zone de transition ombragée, spécialement conçue à cet effet, qui facilite le passage de l'obscurité vers la lumière du jour. Le pointage tardif ne peut donc s'expliquer par un défaut de visibilité ou par le fait que le conducteur du train aurait été surpris par l'aspect du signal.

Lorsqu'il aperçoit le signal restrictif deux jaunes A455, le conducteur du train doit adapter la vitesse du train de manière à pouvoir s'immobiliser à temps, en l'occurrence devant le signal fermé G-R.12 qui suit. Vu que la vitesse du mouvement dépasse 40 km/h, le conducteur du train doit enclencher un freinage au plus tard au passage du signal A455.

Le conducteur n'agit pas de la manière attendue et n'exécute aucun freinage.

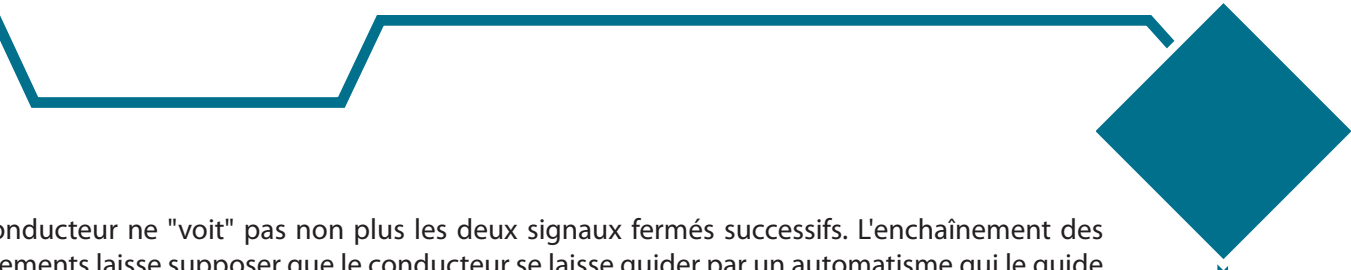
- ➔ Dans des conditions normales, les conducteurs de train ont largement le temps d'immobiliser leur train après un pointage. De multiples analyses de trajets font apparaître que les conducteurs ont parfois tendance à retarder légèrement le freinage, par exemple en vue de résorber des retards. La décision éventuelle de retarder un freinage constitue une infraction aux règles. Les entreprises ferroviaires doivent attirer l'attention sur de telles pratiques lors de leurs formations et contrôles. La suite de l'analyse démontre qu'il est peu probable que le conducteur ait eu l'intention de retarder son freinage.

Le fait d'augmenter sa vitesse au lieu d'exécuter un freinage rend l'hypothèse d'une infraction (retarder le freinage) peu probable.

- ➔ La confirmation du signal restrictif n'implique pas nécessairement que l'information qu'il affiche est enregistrée par le conducteur ni que la mémoire de celui-ci la traite correctement:
 - une confirmation peut être effectuée de façon "inconsciente"
 - l'information du signal peut être comprise erronément
 - l'information du signal peut être traitée erronément
 - l'information du signal peut être effacée de la mémoire
 - l'information du signal peut être subordonnée à d'autres informations, éventuellement même imaginaires

L'analyse des données de trajet semble indiquer que le conducteur du train a réagi plutôt au signal lumineux ou sonore généré dans le poste de conduite par le système Memor qu'aux informations du signal le long de la voie. Vu que le signal Memor n'intervient qu'après le passage du train au signal A455, l'aspect du signal ne peut plus être vérifié.

Le conducteur doit donc interpréter le signal Memor pour y réserver la suite voulue, à savoir ralentir. Mais en l'occurrence, le conducteur du train enregistre l'information du panneau de limitation de vitesse qui suit immédiatement et qui permet une augmentation de la vitesse, tout en étant subordonné à l'information donnée par le signal A455. Le conducteur du train actionne la commande de traction et le train accélère.



Le conducteur ne "voit" pas non plus les deux signaux fermés successifs. L'enchaînement des événements laisse supposer que le conducteur se laisse guider par un automatisme qui le guide "comme d'habitude" de la L.25 à la L.12, à une vitesse limitée autorisée de 90km/h, qui lui permet de franchir les aiguillages menant d'une ligne à l'autre. Il accélère dès lors jusqu'à 90km/h.

Le conducteur déclare n'avoir pas vu le (premier) signal fermé parce qu'il a été distrait par une autre action (sortir une boisson de son sac de travail).

Selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, les événements mettent en évidence un autre problème : l'analyse des données de trajet laisse supposer que la perte de contrôle résulterait d'un affaiblissement de la capacité de concentration, dû à la fatigue. La fatigue chez le conducteur de train se manifeste en début de journée de travail.

- Les événements révèlent l'apparition de mécanismes cognitifs, tels que décrits par D. Norman (1981)⁹, et qui ont trait d'une manière générale à des ratés d'activation (erreurs de capture ou de séquençement) ou des ratés d'exécution (lapsus, confusion d'actions).

L'erreur de capture provient d'une routine dominante (ici l'itinéraire le plus fréquent, signaux ouverts) qui prend le pas sur la routine activée qui débute de la même manière (départ au feu vert à Antwerpen-Centraal).

Le conducteur s'attend à être envoyé ensuite "comme d'habitude" de la L.25 à la L.12 (routine dominante), en franchissant les aiguillages "comme d'habitude" à la vitesse maximale de 90 km/h. L'aspect des signaux et les panneaux de limitation de vitesse correspondent dans son imaginaire à ses attentes et à son expérience.

- Le conducteur de train ne met pas à profit l'information du signal restrictif (routine activée) : un conducteur de train attentif aurait conclu, en voyant le signal restrictif, que le signal suivant risque d'être fermé et aurait retardé son action.

La fatigue est un risque qui a déjà été identifié depuis longtemps dans le secteur du rail et le secteur a pris une série de mesures et édicté des règles pour y faire face.

D'une part, le système ferroviaire s'attend à ce que les conducteurs de train entretiennent une bonne hygiène de sommeil et qu'ils soient en état d'évaluer correctement leur état de fatigue au début de leur journée et de décider s'ils sont "bons pour le service".

Par ailleurs, les entreprises ferroviaires utilisent des mesures préventives comme la planification des heures de service en tenant compte des séquences adaptées de travail-repos telles que prévues dans la législation en vigueur. Ainsi, il n'est tenu compte que partiellement d'un éventuel niveau de fatigue des conducteurs de train.

Une première constatation qui apparaît dans l'enquête est qu'il est trop peu tenu compte des facteurs autodiagnostic et automédication. Les interviews font apparaître que le phénomène de "conduite sous influence" après la prise de médicaments est bien connu mais que l'on tient compte principalement des possibles effets secondaires négatifs de certaines formes de médication sur la capacité de réaction (sommolence, état vaseux...). Ces effets secondaires sont mentionnés dans les notices.

⁹ Norman, Donald A. "Categorization of Action Slips," *Psychology Review* 88:1, pp. 1-15 (1981).
Cf. Rapport d'enquête sur l'accident de Buizingen p.107

L'enquête démontre que la prise de médicaments peut aussi avoir un effet pervers sur la conduite. Cet effet est identifié dans l'enquête comme un risque réel. Le conducteur du train s'est livré à un autodiagnostic et à une automédication. Sous l'influence de ce médicament, il estime, au début de sa journée, être suffisamment en forme pour accomplir sa tâche. En fait, un certain temps après la prise du médicament, un pic plasmatique est atteint, qui provoque l'impression d'être en forme. Après le pic plasmatique, l'effet du médicament diminue très progressivement et la sensation de fatigue reprend le dessus. Elle se traduit par des problèmes de concentration. Les interviews démontrent que les conducteurs de train et leur hiérarchie ne sont pas assez conscients du fait que l'effet d'un médicament est temporaire.

Lorsqu'un conducteur de train se signale comme inapte, les entreprises ferroviaires - dans la mesure du possible - appellent un conducteur suppléant ou annulent le service.

Une deuxième constatation est que les entreprises ferroviaires n'ont pas développé de système de "Last Minute Risico Analyse" qui pourrait aider les responsables et les conducteurs de train à reconnaître un état d'inaptitude avant ou pendant l'exécution de la tâche journalière.

La troisième constatation est que la réglementation interne fait peser sur le conducteur de train la charge de décider de son (in)aptitude. Le système actuel, en d'autres termes, oblige le maillon le plus faible à prendre cette décision. Et celle-ci n'est pas évidente : l'arrivée de la fatigue et la perte progressive de vigilance qui en résulte se produisent graduellement et, dans un premier stade, sans que le conducteur de train en soit conscient. A supposer que le conducteur de train soit conscient de son état, il n'est pas exclu non plus que la pression sociale (collègues, fierté professionnelle, dirigeants...) provoque chez lui un sentiment de gêne à se déclarer inapte.

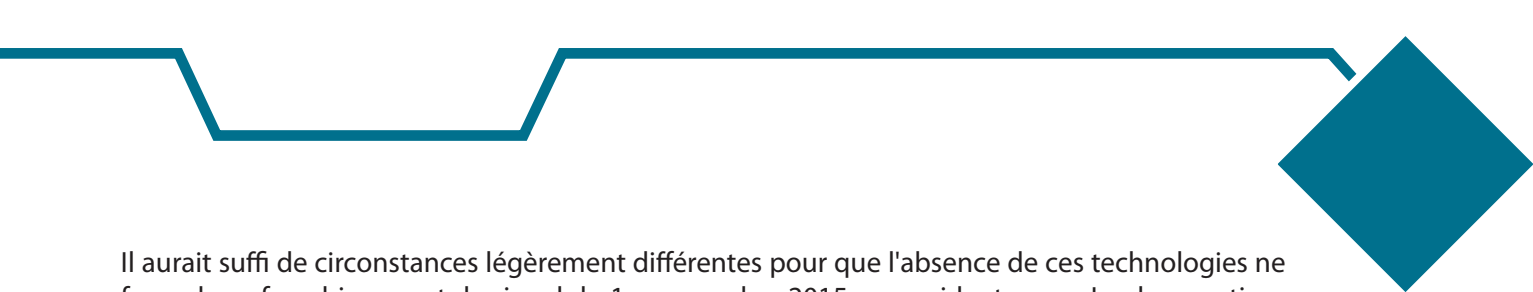
Un affaiblissement de la capacité de concentration, pas toujours prévisible et qui arrive sans que le conducteur s'en rende compte, peut occasionner la perte de contrôle. Les entreprises ferroviaires anticipent de telles situations par exemple en développant des mesures correctrices qui entraînent le rééquilibrage d'un processus.

Une mesure correctrice serait par exemple de détecter à temps la perte de contrôle (non-ralentissement du train) et de faire ralentir le train, voire de l'immobiliser, automatiquement.

Le train est équipé du système Memor. Celui-ci demande au conducteur de train de confirmer ce qu'il voit et constitue une aide à la mémoire puisqu'il rappelle au conducteur de train le caractère restrictif du signal reçu. Ce n'est que dans le cas où le conducteur omet de confirmer sa vigilance et n'actionne pas le bouton du système Memor, que celui-ci intervient et immobilise le train. Ce système ne réagit pas lorsqu'un conducteur de train confirme automatiquement sa vigilance mais ne donne pas suite à l'information reçue.

Sauf si le conducteur se reprend in extremis et effectue à temps la correction, la situation peut dégénérer en incident voire en accident. Le fait de s'apercevoir à temps que le témoin Memor est allumé peut susciter à temps une action correctrice mais de nombreux incidents, y compris celui du 1er novembre 2015, et accidents, comme celui de Wetteren en 2013, ont fait apparaître que le système Memor offre des garanties insuffisantes dans de telles circonstances.

Des mesures correctrices plus performantes ont été développées, dont le TBL1+ et l'ETCS. Le TBL1+ et l'ETCS supposent que tant l'infrastructure que les trains soient équipés de l'appareillage nécessaire. Dans la zone Antwerpen-Luchtbal, les lignes 25, 12 et 4 sont équipées en ETCS, les lignes 25 et 12 en TBL 1+. Les technologies TBL1+ ou ETCS à bord du train E9227 auraient en d'autres termes permis d'empêcher le franchissement du signal G-R.12. De plus, le deuxième franchissement de signal n'aurait pas pu se produire et aucun point dangereux n'aurait été atteint.



Il aurait suffi de circonstances légèrement différentes pour que l'absence de ces technologies ne fasse de ce franchissement de signal du 1er novembre 2015, un accident grave. Les locomotives en service Intercity entre Bruxelles et Amsterdam ne sont équipées que du système Memor. Elles sont cependant équipées du système ATB qui, sur le réseau néerlandais, joue un rôle équivalent à celui du système TBL1+.

Après son départ d'Antwerpen, le train croise le signal G.-R. 12 fermé. Dans des conditions habituelles d'exploitation, les trains internationaux sont prioritaires et le conducteur s'attend à trouver ici un signal ouvert.

Si le risque de rencontrer un signal fermé est réduit, logiquement, le risque de SPAD diminue. Le risque de rencontrer un signal fermé peut être réduit en veillant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires. Cela signifie par exemple que le train reçoit la priorité ou qu'il ne peut pas démarrer avant que le signal fermé ne soit ouvert.

12. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cause directe

Selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, le double franchissement de signal résulte directement d'une capacité de concentration défaillante liée à la fatigue du conducteur. La capacité de concentration défaillante explique pourquoi le conducteur du train a plusieurs fois négligé les informations de conduite reçues.

Toujours selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, le conducteur ingère un médicament autorisé et prend son service avec une fausse impression d'aptitude au service. Une fois que l'effet du médicament a dépassé le pic plasmatique, il évolue vers une zone sous-thérapeutique où la capacité de concentration diminue graduellement vers un état de concentration diminuée ou d'hypovigilance difficile à autodiagnostiquer.

Recommandation 1

Le SSICF devrait s'assurer que les entreprises ferroviaires prennent bien en compte le risque identifié lié à l'absorption, avant la conduite, de médicaments non considérés comme peu sûrs mais qui, vu que leur effet est limité dans le temps, peuvent néanmoins avoir des effets secondaires néfastes sur la conduite.

Le SSICF devrait s'assurer que les entreprises ferroviaires sensibilisent leurs conducteurs au fait que l'effet d'un médicament est limité dans le temps et risque de leur donner une fausse impression d'aptitude au service.

Cause indirecte 1

Selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, la première cause indirecte du dépassement de signal réside dans l'absence de mécanisme d'aide à la conduite de type TBL1+ ou de signalisation de cabine de type ECTS Level 1 ou 2 à bord de la locomotive.

Dans les circonstances observées (vitesse du train), la présence des technologies TBL1+ ou ECTS à bord du train aurait permis d'immobiliser celui-ci à temps et d'éviter tout franchissement de signal.

Le SSICF confirme l'autorisation de mise en service de locomotives de type TRAXX en configuration 7D et 7D1 (éd.2, septembre 2016) permettant d'utiliser les technologies TBL1+ et ECTS L1. Des locomotives dotées de ces équipements sont mises en service depuis lors sur les liaisons IC Bruxelles-Amsterdam.

Recommandation 2

Le SSICF devrait s'assurer que toutes les entreprises ferroviaires prennent les mesures nécessaires pour adapter toutes les locomotives en configuration 7D ou 7D1.

Cause indirecte 2

Selon l'hypothèse retenue par l'Organisme d'enquête, la deuxième cause indirecte du dépassement des signaux est le fait que la conduite n'était pas exempte de conflit.

Si le risque de rencontrer un signal fermé est réduit, logiquement, le risque de SPAD diminue. Le risque de rencontrer un signal fermé peut être réduit en veillant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires.

Le Gestionnaire de l'infrastructure étudie actuellement un système de planification sûre, notamment en veillant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires.

Recommandation 3

Le SSICF devrait s'assurer que le gestionnaire de l'infrastructure mette en œuvre le plus rapidement possible le projet, actuellement à l'étude, visant à éliminer les conflits lors de la planification et du maintien des horaires.

Cause sous-jacente

La cause sous-jacente du double franchissement de signal est l'absence de LMRA ou d'un système de détection de la vigilance des conducteurs de train. La mise en œuvre d'un FRMS (Fatigue Risk Management System) de qualité augmente la probabilité de détecter à temps l'inaptitude d'un conducteur ainsi que les problèmes liés à un éventuel défaut de vigilance de sa part pendant la conduite.

Recommandation 4

Le SSICF devrait s'assurer que les entreprises ferroviaires déploient un FRMS (Fatigue Risk Management System) efficace qui soit non seulement basé sur un respect strict de la réglementation mais aussi sur des éléments comme la formation et la sensibilisation des conducteurs, la planification du service, l'introduction de systèmes de détection de l'hypovigilance, ...

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

