

A large, decorative graphic consisting of several concentric, overlapping circular bands in shades of light purple and lavender, centered on the page. The bands vary in opacity and thickness, creating a sense of depth and movement. The text is positioned within the central white space of these bands.

**RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE
sur la collision entre
un train express régional
et un véhicule léger
survenue le 15 juillet 2019
sur le passage à niveau n° 2
à Avenay-Val d'Or (51)**

Octobre 2020

**Bureau d'Enquêtes sur les Accidents
de Transport Terrestre**

Affaire n° BEATT-2019-07

**Rapport d'enquête technique
sur la collision entre un train express régional et un véhicule léger
survenue le 15 juillet 2019 sur le passage à niveau n° 2
à Avenay-Val d'Or (51)**

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT)

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur la collision entre un train express régional et un véhicule léger survenue le 15 juillet 2019 sur le passage à niveau n° 2 à Avenay-Val d'Or (51).

N° ISRN : EQ-BEAT--20-9--FR

Proposition de mots-clés : passage à niveau, barrières, signalisation, visibilité, détection

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 1621-2 à 1622-2 et R. 1621-1 à 1621-26 du Code des transports relatifs, notamment, aux enquêtes techniques après accident ou incident de transport terrestre.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	9
RÉSUMÉ.....	11
1 - LES CONSTATS IMMÉDIATS ET L'ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	13
1.1 - Les circonstances de l'accident.....	13
1.2 - Le bilan humain et matériel.....	14
1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	15
2 - LE CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	17
2.1 - Les conditions météorologiques.....	17
2.2 - La ligne ferroviaire d'Épernay à Reims.....	17
2.3 - La route départementale n° 201.....	17
2.4 - Le matériel roulant ferroviaire.....	19
2.5 - Le véhicule léger.....	20
2.6 - Le passage à niveau n° 2.....	21
2.6.1 - Les caractéristiques générales du passage à niveau le jour de l'accident.....	21
2.6.2 - Les autres accidents recensés sur le PN avant l'accident.....	21
2.6.3 - L'approche du PN par le rail.....	21
2.6.4 - L'approche du PN par la route.....	22
2.6.5 - La signalisation routière.....	25
2.6.6 - Les équipements présents au PN n° 2.....	27
2.6.7 - Le fonctionnement du PN avec un train direct arrivant d'Épernay.....	28
3 - LE COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	31
3.1 - L'état des lieux après l'accident.....	31
3.1.1 - La position du TER et du VL.....	31
3.1.2 - Les équipements du passage à niveau.....	32
3.2 - Le résumé des témoignages.....	35
3.2.1 - Le conducteur du train express régional.....	35
3.2.2 - Les passagers du TER.....	35
3.2.3 - Les personnes situées à proximité du lieu de l'accident.....	35
3.2.4 - Les autres témoignages recueillis après l'appel à témoin lancé par la Gendarmerie nationale.....	36
3.3 - Le véhicule léger et sa conductrice.....	42
3.3.1 - Les caractéristiques et l'entretien du véhicule léger.....	42
3.3.2 - Les dégâts occasionnés au véhicule routier.....	42
3.3.3 - La conductrice du véhicule léger.....	47
3.3.4 - Le trajet d'approche du véhicule léger.....	48
3.3.5 - La reconstruction cinématique du déplacement du VL pendant les cinq secondes précédant le choc.....	48

3.4 - Le train express régional et son conducteur.....	53
3.4.1 - Les dégâts occasionnés au train.....	53
3.4.2 - Le conducteur du train.....	54
3.4.3 - Le trajet d'approche du train.....	54
3.4.4 - L'analyse de l'enregistreur ATESS.....	55
3.4.5 - La reconstruction cinématique du déplacement du TER avant/après le choc.....	57
3.5 - L'approfondissement sur le passage à niveau.....	59
3.5.1 - La demi-barrière heurtée.....	59
3.5.2 - L'approfondissement sur le fonctionnement du PN dans les minutes entourant le choc.....	62
4 - L'ANALYSE DU DÉROULEMENT DE L'ACCIDENT ET DE L'INTERVENTION DES SECOURS.....	69
4.1 - Le déroulement de l'accident.....	69
4.2 - L'alerte et l'organisation des secours.....	71
5 - L'ANALYSE DES CAUSES ET DES FACTEURS ASSOCIÉS, LES ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	73
5.1 - Le schéma des causes et des facteurs associés.....	73
5.2 - Les causes de l'accident.....	74
5.3 - Les équipements du PN n° 2.....	75
5.3.1 - La visibilité des feux rouges clignotants et de la demi-barrière situés devant le VL impliqué.....	75
5.3.2 - Les caractéristiques réglementaires de la sonnerie.....	79
5.3.3 - Les caractéristiques techniques de la sonnerie en place.....	80
5.3.4 - Les sonneries au moment de l'accident.....	80
5.4 - Recommandation relative au système de freinage automatique d'urgence du VL.....	81
5.4.1 - Les principes de fonctionnement du système de freinage automatique.....	81
5.4.2 - Les limites de ce système par conception.....	82
5.4.3 - Le système dans l'accident étudié.....	82
6 - CONCLUSIONS, RECOMMANDATION ET INVITATION.....	83
ANNEXES.....	85
Annexe 1 : copie de la décision d'ouverture d'enquête.....	87
Annexe 2 : copie du dernier diagnostic de sécurité du PN n° 2.....	88
Annexe 3 : copie de l'arrêté de classement du PN n° 2 accompagné de la fiche individuelle..	92

Glossaire

- **AEBS** Advanced Emergency Braking System
- **ANSM** Agence Nationale de Sécurité du Médicament
- **ATESS** Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité en Statique
- **CD51** Conseil Départemental de la Marne
- **FU** Freinage d'Urgence
- **IGN** Institut national de l'information géographique et forestière
- **IISR** Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière
- **INPN** Instance Nationale de coordination sur la politique de sécurisation des Passages à Niveau
- **PSN** Programme de Sécurisation National (des passages à niveau)
- **IRCGN** Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale
- **MPS** Maintenance Préventive Systématique
- **PN** Passage à Niveau
- **SAL** Système d'Alerte Lumineuse
- **SAR** Système d'Alerte Radio
- **TER** Train Express Régional
- **VL** Véhicule Léger

Résumé

Le lundi 15 juillet 2019, à 9 h 45, le Train Express Régional (TER) n° 839 945 en provenance d'Épernay (51) et à destination de Reims (51), a percuté un véhicule léger sur le passage à niveau n° 2 sur la commune d'Avenay-Val d'Or (51). Ce PN était équipé d'une signalisation automatique lumineuse et sonore avec deux demi-barrières.

Sous le choc, les quatre occupants qui étaient à bord du véhicule léger, la conductrice âgée de 37 ans et trois enfants âgés de 10 ans, 3 ans et 10 mois, ont été tués sur le coup.

La collision s'est produite alors que le TER circulait à la vitesse de 116 km/h.

Vingt passagers et un agent de conduite étaient présents à bord du train qui n'a pas déraillé. Quatre passagers du TER ont été légèrement blessés.

La cause directe de l'accident est le non-arrêt du véhicule léger au passage à niveau fermé.

La présence dans l'organisme de la conductrice d'un médicament en dose toxique a très vraisemblablement joué un rôle dans la survenance de l'accident en altérant ses facultés de conduite.

Au vu des éléments du contexte identifiés et du niveau élevé de gravité généralement constaté pour l'ensemble des usagers impliqués dans ces types d'accident entre un train et un véhicule routier, le BEA-TT est conduit à rechercher des orientations préventives dans les domaines de la visibilité de l'état fermé d'un passage à niveau et dans l'aide à la conduite des véhicules routiers.

Le BEA-TT déplore l'absence de réponse du constructeur du véhicule (NISSAN) à la totalité des demandes de documentation technique du véhicule. Ce refus n'a toutefois pas invalidé les hypothèses relatives au scénario d'accident.

1 - Les constats immédiats et l'engagement de l'enquête

1.1 - Les circonstances de l'accident

Le lundi 15 juillet 2019, à 9 h 45, le Train Express Régional (TER) n° 839 945 en provenance d'Épernay et à destination de Reims, avec vingt passagers et un agent de conduite, a percuté une automobile, avec quatre personnes à son bord. La collision a eu lieu au passage à niveau (PN) n° 2 sur la commune d'Avenay-Val d'Or dans la Marne.

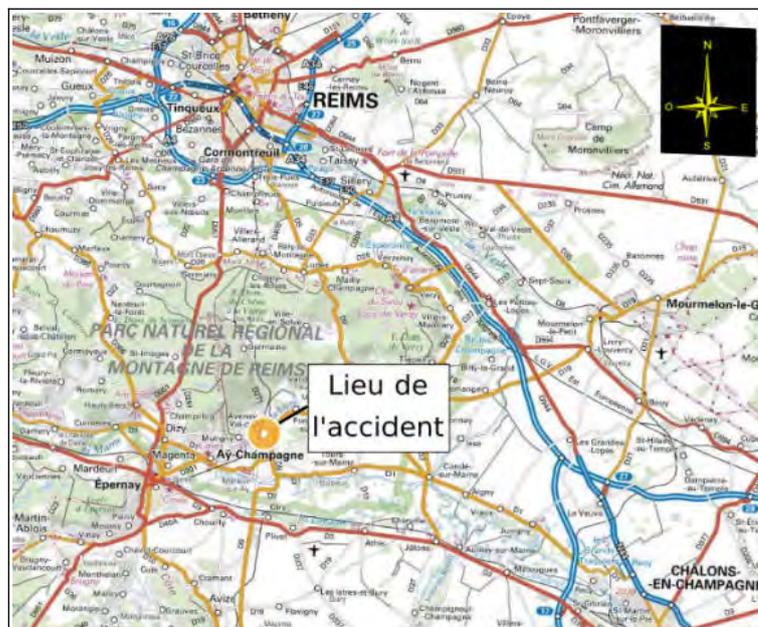


Figure 1 : localisation de l'accident à l'échelle régionale
(fond de plan Géoportail-IGN, légende BEA-TT)



Figure 2 : localisation de l'accident à l'échelle locale
(fond de plan Géoportail-IGN, légende BEA-TT)

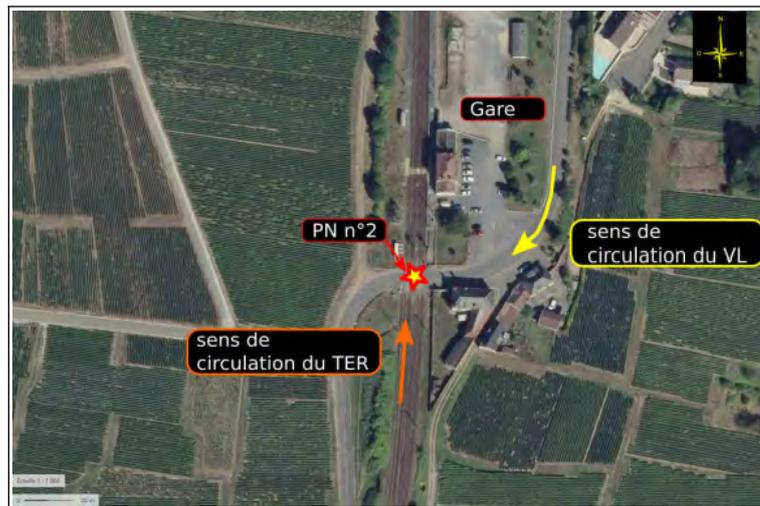


Figure 3 : vue aérienne légendée de la localisation de l'accident à l'échelle locale
(image aérienne Géoportail-IGN, légende BEA-TT)

1.2 - Le bilan humain et matériel

Cette collision a occasionné sur le coup le décès de la conductrice et des trois enfants passagers du véhicule léger et des blessures légères à quatre passagers du train.

Sous le choc, le véhicule léger a été projeté à une quarantaine de mètres en aval du PN. La motrice du train a été endommagée à l'avant et sur les côtés. Plusieurs baies vitrées du train ont explosé. Malgré la violence du choc, le train n'a pas déraillé et s'est arrêté plus de 400 mètres en aval du PN.

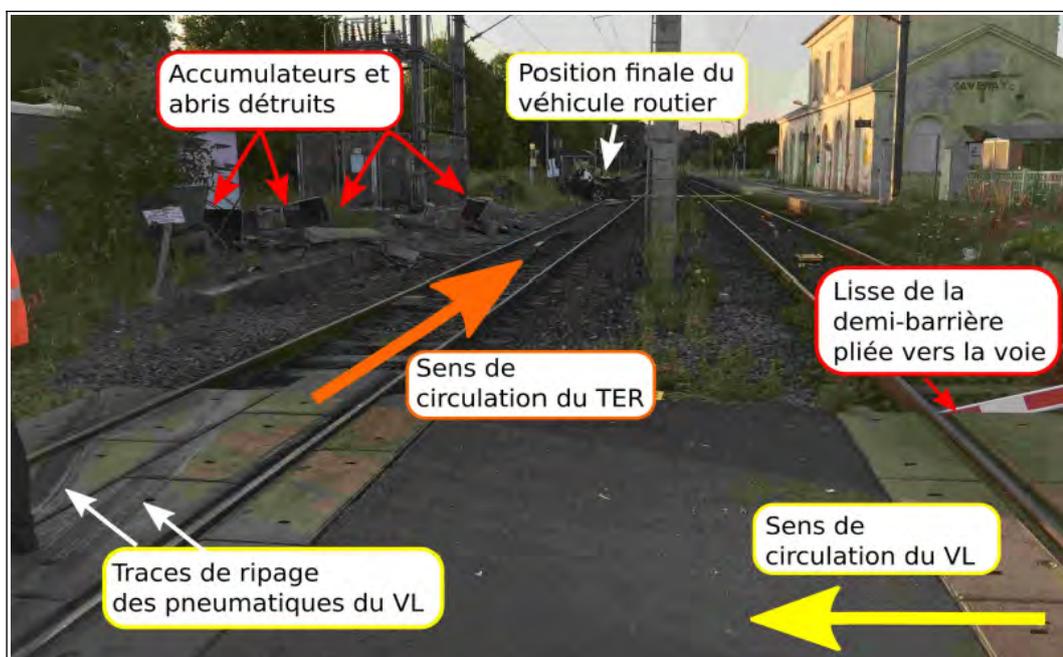


Figure 4 : les lieux de l'accident
(photo SNCF légendée BEA-TT)

Des équipements du passage à niveau ont subi des dégâts significatifs, principalement les abris des accumulateurs utilisés pour l'alimentation électrique des installations du passage à niveau. Ces abris sont situés sur la gauche de la voie ferrée et ont été heurtés par le VL projeté par le train.

La lisse de la demi-barrière fermant la voie de circulation du VL a été retrouvée pliée avec un angle de plus de 90° dans le sens de la route vers la voie ferrée.

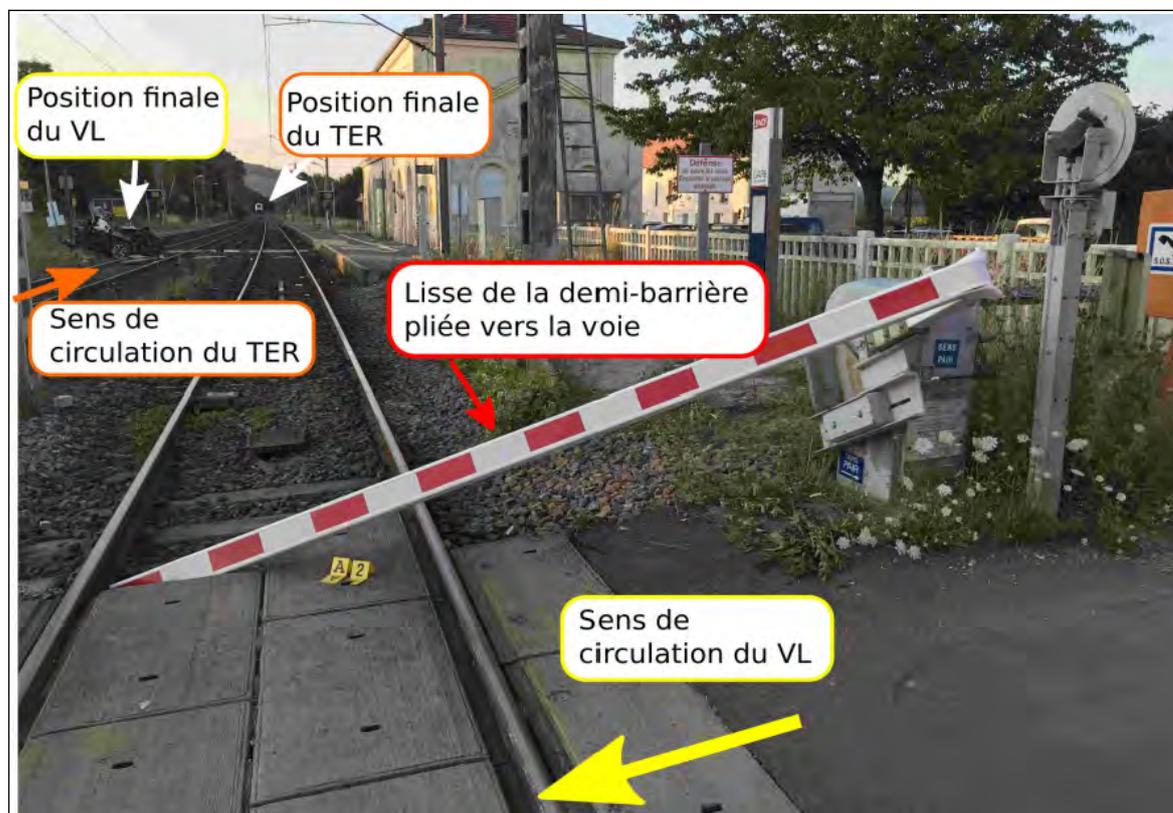


Figure 5 : les lieux de l'accident
(photo SNCF légendée BEA-TT)

La chaussée routière n'a été que très peu endommagée par l'accident. Des traces de ripage des pneumatiques sont visibles sur le platelage, au niveau de la voie ferrée sur laquelle circulait le TER.

1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances de cet accident, le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 15 juillet 2019 une enquête technique en application des articles L. 1621-2 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 du Code des transports.

Les enquêteurs du BEA-TT se sont rendus sur place et ont rencontré les enquêteurs de la Gendarmerie nationale (Brigade de recherche d'Épernay), les représentants du gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire (SNCF Réseau) et de l'entreprise ferroviaire du TER (SNCF Mobilités). Ils ont pu disposer de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à leurs analyses, notamment le dossier de l'enquête judiciaire diligentée par le procureur de la République et réalisée par la Gendarmerie nationale.

2 - Le contexte de l'accident

2.1 - Les conditions météorologiques

Le lundi 15 juillet 2019 était une journée non pluvieuse, avec une température minimale de 11 °C et une température maximale de 25 °C d'après Météo-France.

Au moment de la collision, les infrastructures routières et ferroviaires étaient sèches, et le soleil était légèrement au-dessus de l'horizon et quasiment à l'Est.

Les conditions météorologiques étaient donc correctes pour la conduite.

2.2 - La ligne ferroviaire d'Épernay à Reims

Cette ligne ferroviaire n° 074 000 entre Épernay et Reims, électrifiée en courant alternatif (25 000 V – 50 Hz), est globalement à voie unique à double sens de circulation. Elle comporte ponctuellement un dédoublement des voies permettant le croisement des trains, ce qui est le cas au niveau de la gare d'Avenay-Val d'Or. Cette gare est située à une quarantaine de mètres en aval du PN n° 2 dans le sens de circulation du TER impliqué.

Sur cette ligne circulent quotidiennement 36 trains de voyageurs (TER) assurant des liaisons directes ou avec des dessertes de gares intermédiaires.

Pour les trains circulant sur la section de voie et dans le sens concernés par l'accident, la vitesse maximale autorisée est fixée à 120 km/h.

2.3 - La route départementale n° 201

La route départementale n° 201, gérée par le conseil départemental de la Marne (CD51), croise, au PR 05+499, la voie ferrée au niveau du PN n° 2, situé en agglomération, sur le territoire communal d'Avenay-Val d'Or.

L'autorité détentrice du pouvoir de police de la circulation routière est le maire de la commune d'Avenay-Val-d'Or. Il fixe notamment la limitation de vitesse sur cette route.

L'infrastructure routière concernée par l'accident présente un tracé en plan en forme de S. La vitesse maximale autorisée est de 50 km/h. Lors des visites sur place, les enquêteurs du BEA-TT ont constaté que la présence des deux courbes de part et d'autre du PN entraînait des vitesses de franchissement plus faibles.

Les comptages disponibles auprès du conseil départemental, réalisés en juin 2015, indiquent des valeurs cumulées pour les deux sens de circulation de 1 250 veh/jour dont 72 PL/jour, soit 6 % du trafic.

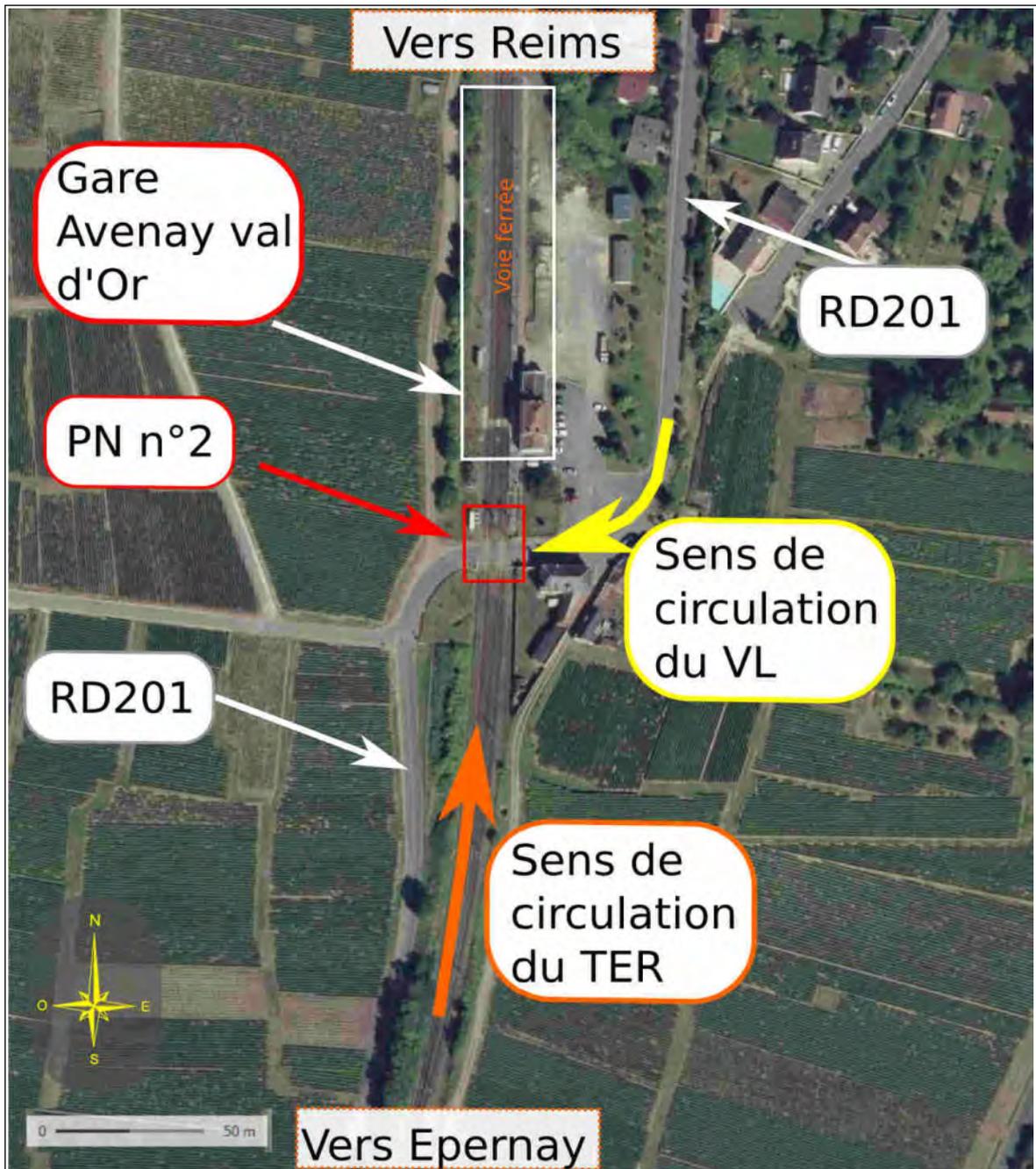


Figure 6 : vue aérienne du PN n° 2 et de son environnement proche
(vue aérienne Géoportail-IGN légende BEA-TT)

2.4 - Le matériel roulant ferroviaire

Le train express régional n° 839 945 était constitué d'une rame automotrice tri-caisses.

Ce matériel, très fréquent en France, a été fabriqué par le constructeur Bombardier. Cette rame, à propulsion exclusivement électrique, était composée de deux motrices (Z 27 689) et (Z 27 690) entourant une remorque et, comme toutes celles assurant le service voyageur TER de cette ligne, était exploitée par l'entreprise ferroviaire SNCF Mobilités.

D'une masse totale de 125 tonnes, d'une longueur de 57,4 mètres et possédant quatre bogies¹, le train n° 839 945 circulait avec la motrice Z 27 690 en tête au moment de l'accident. Cette rame a été mise en circulation le 30 juillet 2007 et avait parcouru jusqu'au jour de l'accident 1 206 360 km.

Les opérations de maintenance sur ce matériel roulant ont été réalisées conformément aux directives définies dans les documents du référentiel ferroviaire de SNCF Mobilités. La dernière opération de maintenance a été réalisée début juillet 2019 et comportait un examen mécanique, une maintenance corrective sur des objets de confort ainsi que de petites interventions électriques. La prochaine maintenance était prévue le 10 août 2019. Cette rame était entretenue par les agents du Technicentre SNCF de Maintenance Champagne-Ardenne.



Figure 7 : rame après l'accident avec motrice Z 27 690 en tête
(photo SNCF)

Le matin même avant l'accident, cette rame venait d'effectuer un trajet inverse de Reims à Épernay. L'agent de conduite disposait d'un outil informatique de type tablette positionné dans la cabine de conduite qui lui indiquait la liste et les horaires des gares desservies.

Le jour de l'accident, 21 personnes étaient à bord dont l'agent de conduite.

Par ailleurs, la rame comportait un outil d'enregistrement ATESS² qui a pu être exploité (voir le chapitre 3.4.4 du rapport).

1 Un bogie est un ensemble de 2 essieux et comporte donc 4 roues.

2 L'outil Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité en Statique (ATESS) permet d'étudier a posteriori les principaux paramètres de la rame et de la conduite afin de comprendre les événements qui ont été susceptibles de compromettre la sécurité.

2.5 - Le véhicule léger

Le véhicule routier était de marque NISSAN, de modèle X-TRAIL et de couleur noire. Il possédait cinq portes et pouvait transporter sept personnes y compris le conducteur.

Les dernières interventions au garage concernaient une révision réalisée en mai 2019 alors que le véhicule avait au compteur 83 000 km. Cette révision était complète puisqu'il s'agissait de faire un bilan avant la mise en vente du véhicule, qui a ensuite été acheté d'occasion par la conductrice. L'historique des révisions montre un entretien régulier du véhicule depuis sa première mise en circulation. Il totalisait environ 85 000 km. Quelques jours avant l'accident, la batterie a été remplacée.

Le véhicule était doté de série de plusieurs équipements de sécurité tels l'ABS³, l'ESP⁴, d'airbags frontaux et latéraux et du freinage autonome d'urgence (AEBS)⁵. Il possédait également un système STOP&START⁶ et de nombreux équipements multimédias et de navigation.

Le jour de l'accident, quatre personnes étaient à bord, la conductrice et trois enfants passagers. Un enfant était assis sur le siège passager avant. Un enfant était assis derrière la conductrice sur la deuxième rangée de sièges. Le troisième enfant était assis sur la troisième rangée de sièges.



Figure 8 : Nissan X-trail modèle 2016
(source : site internet NISSAN MOTORS)

3 Système d'anti blocage des freins.

4 Système de contrôle électronique de trajectoire.

5 Dans son fonctionnement théorique, l'AEBS utilise les informations perçues par un radar implanté à l'avant du véhicule. Le système prévient le conducteur via une alarme sonore et visuelle lorsqu'un choc est imminent. En cas d'absence de réaction du conducteur, le système déclenche le freinage du véhicule.

6 Ce système permet l'arrêt du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt et la boîte de vitesses au point mort, et le redémarrage suite à l'action sur l'embrayage pour diminuer la consommation de carburant et le rejet de CO₂.

2.6 - Le passage à niveau n° 2

2.6.1 - Les caractéristiques générales du passage à niveau le jour de l'accident

Le PN n° 2 est situé au point kilométrique ferroviaire (PK) 148+381 de la ligne ferroviaire n° 074 000, à proximité de la gare d'Avenay-Val d'Or.

Il est classé en 1^{re} catégorie au sens de l'arrêté du 18 mars 1991 modifié relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau⁷ par un arrêté préfectoral du 10 septembre 1992 complété par une fiche technique mise à jour le 10 juillet 2017 (voir annexe 3 du rapport).

Ce PN ne figure pas sur la liste⁸ des PN inscrits au programme de sécurisation national (PSN), établie par l'instance de coordination de la politique nationale d'amélioration de la sécurité des passages à niveau (INPN).

La ligne électrique aérienne de contact est située à une hauteur supérieure à 6 mètres au droit du PN n° 2. Conformément à la réglementation, elle ne fait donc pas l'objet d'une protection ou d'une signalisation particulière.

Calculé par SNCF Réseau, le moment de circulation⁹ du PN était de 35 064 lors d'un comptage réalisé en janvier 2017. Avec 36 circulations ferroviaires quotidiennes, le nombre de véhicules routiers franchissant le PN est donc environ de 1 000 par jour.

En application du programme d'actions national pour le traitement de la sécurité des passages à niveau décidé en 2008, le PN n° 2 d'Avenay-Val d'Or a fait l'objet d'un diagnostic de sécurité en date du 5 février 2019. Ce diagnostic a été réalisé conjointement par le conseil départemental de la Marne, gestionnaire de la RD201, et par SNCF Réseau, gestionnaire des infrastructures ferroviaires. Ce diagnostic signale le caractère atténué de la sonnerie implantée (voir annexe 2 du présent rapport).

2.6.2 - Les autres accidents recensés sur le PN avant l'accident

SNCF Réseau a transmis aux enquêteurs la liste des sept accidents qui se sont produits sur le PN n° 2 depuis 1988. Ces accidents concernent des véhicules routiers qui ont heurté les équipements du PN et notamment les demi-barrières.

2.6.3 - L'approche du PN par le rail

En provenance d'Épernay, la voie ferrée comporte une courbe à gauche qui limite, compte tenu de la végétation notamment, la visibilité sur le PN à 200 mètres. À la vitesse de 120 km/h, cette distance est parcourue en six secondes. De plus, la présence d'une maison et de son mur d'enceinte rend impossible la vision d'un véhicule routier en approche du PN (la flèche jaune de la figure suivante est donc représentée en pointillés).

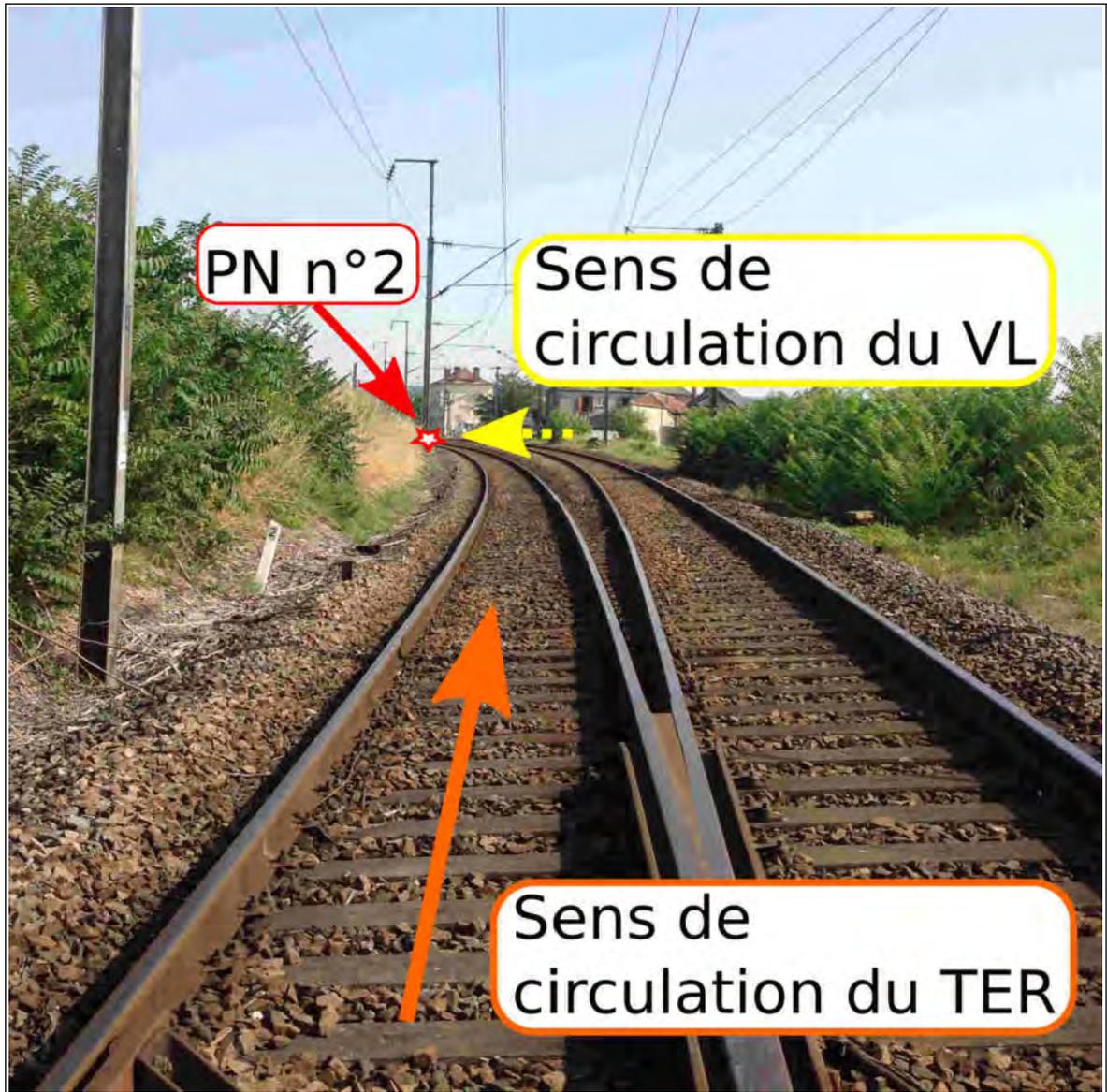
7 Lien vers l'arrêté sur le site internet Légifrance :

(<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006077502>)

8 Lien vers la liste nationale sur le site du ministère des transports :

(<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/passages-niveau>)

9 Le moment de circulation est le produit arithmétique du nombre moyen journalier, calculé sur l'année, des circulations ferroviaires par le nombre moyen journalier des circulations routières également calculé sur l'année (cf. art. 8 de l'arrêté du 18 mars 1991)



*Figure 9 : illustration de la courbe à gauche de la voie ferrée précédant le PN n° 2
(photo et légende BEA-TT)*

2.6.4 - L'approche du PN par la route

La section de la RD201 empruntée par le véhicule routier impliqué dans l'accident est en montée avec une valeur moyenne de 3 %. La quinzaine de mètres avant le PN est toutefois en légère descente.

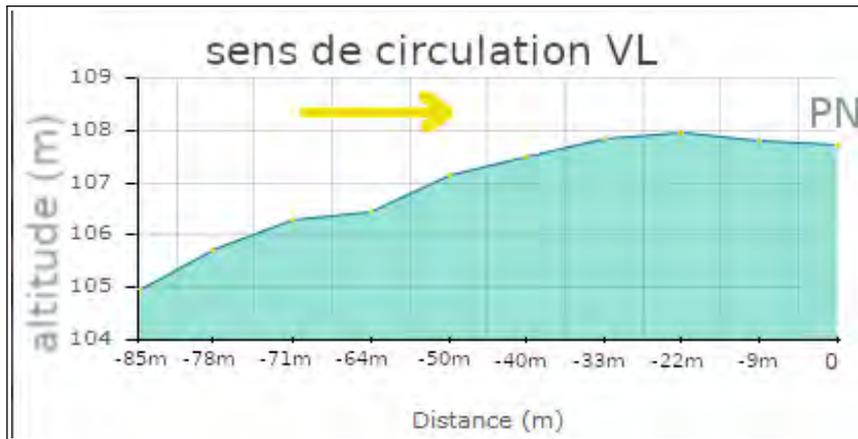


Figure 10 : profil en long de la RD201 dans le sens emprunté par le VL impliqué
(source Géoportail, légende BEA-TT)

Dans le sens de circulation du VL impliqué dans l'accident (trajet du nord vers le sud), la section de la RD201 comporte une ligne droite d'une longueur de 200 mètres, suivie d'un virage à droite prononcé avec un rayon de courbure d'environ 45 mètres. Le PN n° 2 se situe à la fin de ce virage.

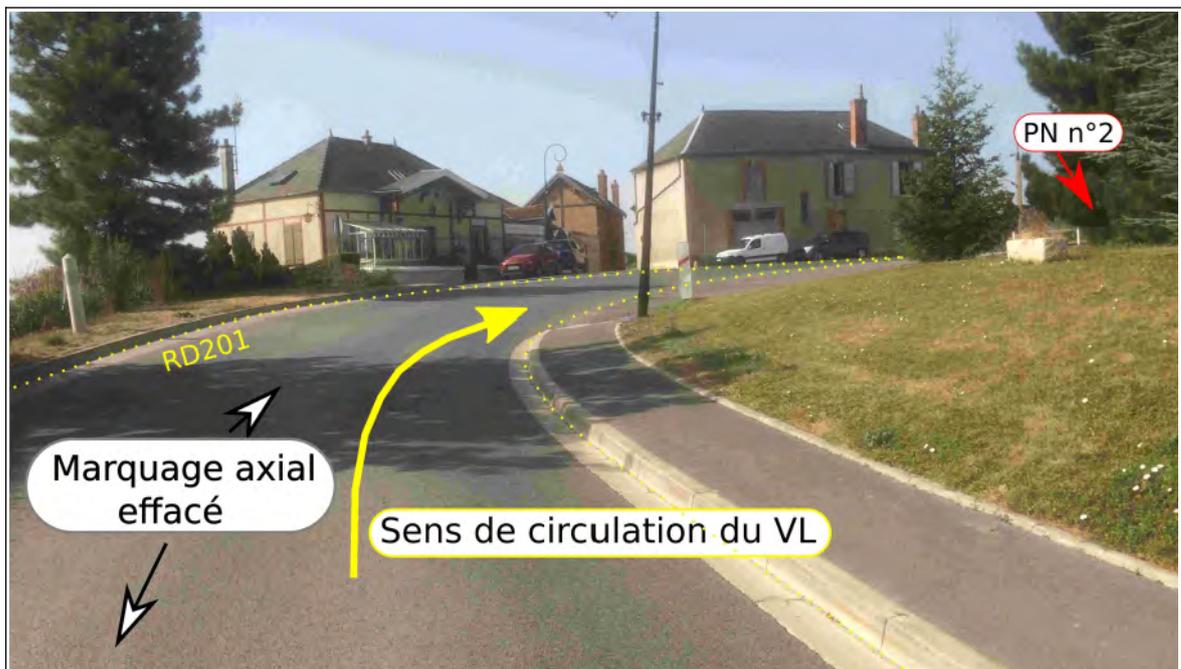


Figure 11 : illustration du virage à droite de la RD201 précédant le PN n° 2
(photo et légende BEA-TT)

Ces caractéristiques géométriques et topographiques, associées à la présence de végétation à droite de la chaussée, ne permettent pas à un usager routier d'apercevoir certains éléments de signalisation du PN avant qu'il n'arrive à 70 m de ce dernier.

Nota : les pointillés jaunes sur les photos ont été rajoutés pour matérialiser les bords de chaussée. Ils ne représentent aucunement la signalisation horizontale en place, qui était partiellement effacée ou inexistante.

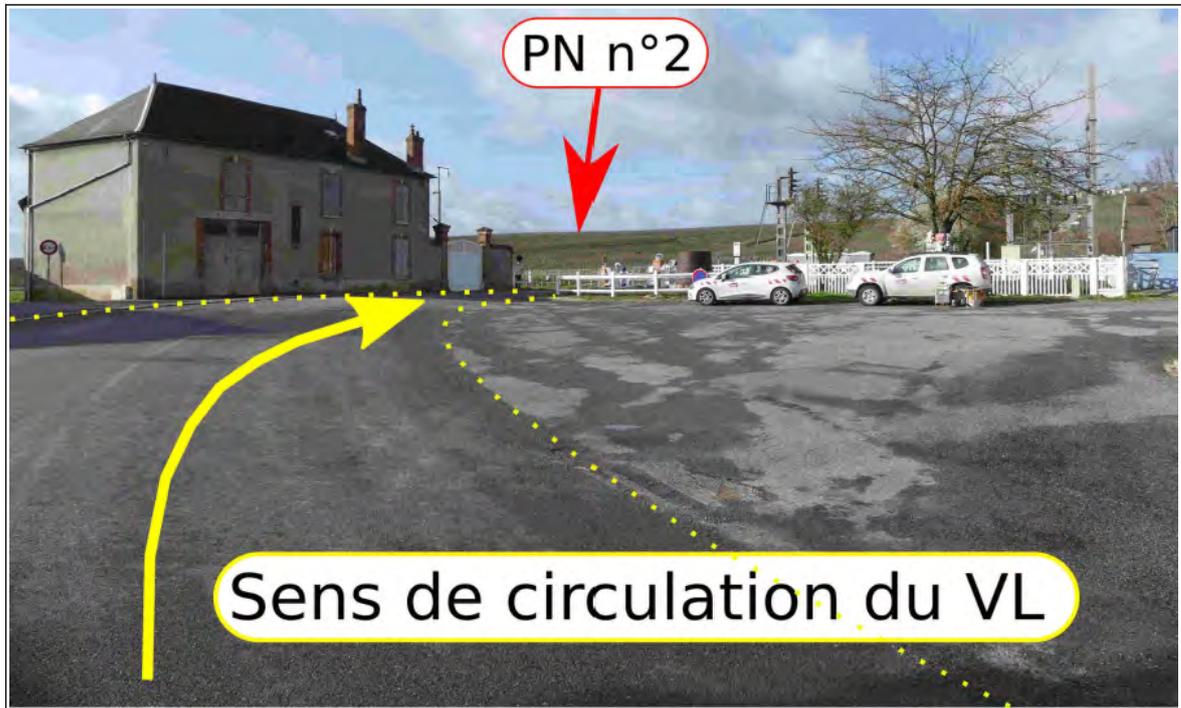


Figure 12 : illustration de la visibilité sur le PN n° 2 environ 60 m en amont, avec les demi-barrières abaissées
(photo et légende BEA-TT)

Le revêtement de la chaussée est en bon état. Toutefois il n'y a pas de signalisation horizontale de rive matérialisant le bord de chaussée, rendant difficile son identification par rapport à la zone bitumée qui s'étend jusqu'à une trentaine de mètres en amont du PN. Cette zone permet l'accès à la route qui rejoint la gare d'Avenay Val d'Or positionnée à quelques dizaines de mètres à droite.

À 60 m du PN, seul est visible le feu rouge clignotant de gauche localisé à côté du mur d'enceinte. Celui de droite ainsi que la demi-barrière abaissée sont masqués par les aménagements présents à droite de la chaussée.

Le platelage du PN ne crée pas de dos d'âne, le franchissement des voies ferrées par les véhicules routiers n'est pas géométriquement difficile.

Au niveau du PN, la RD201 est une route bidirectionnelle à deux voies, dont la largeur totale est de sept mètres. La longueur de franchissement du PN n° 2 par la route est de 11 mètres. Le nombre de voies ferrées à franchir est de deux.

Les patrouilles du gestionnaire routier ont lieu une fois par mois. La dernière patrouille sur les lieux de l'accident s'était déroulée le 26 juin 2019 et n'avait pas mentionné d'éléments particuliers relatifs à la sécurité.

La responsabilité du fauchage de la végétation aux abords du PN est partagée entre les propriétaires des parcelles contiguës au PN que sont SNCF réseau, la commune d'Avenay-Val d'Or, les riverains et le conseil départemental.

2.6.5 - La signalisation routière

La signalisation routière du PN n° 2 est fondée sur les dispositions prévues :

- dans l'arrêté du 18 mars 1991 modifié relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau ;
- dans l'arrêté du 24 novembre 1967 modifié relatif à la signalisation des routes et autoroutes ;
- dans l'instruction interministérielle sur la signalisation routière du 22 octobre 1963 modifiée.

Le marquage axial est composé d'une ligne discontinue en amont du PN puis d'une ligne continue à proximité du PN. Le marquage apparaît partiellement effacé. Dans le sens de circulation du VL impliqué dans l'accident, les signaux suivants sont présents :

• en amont du PN :

150 m	110 m	95 m	60 m
			
panneau AB2 + panneau A1c	panneau A7 + panneau « SIGNAL AUTOMATIQUE » + 1 ^{re} balise J10	2 ^e balise J10	3 ^e balise J10

• au droit du PN :

À gauche	À droite
	
un feu routier clignotant rouge à diodes (avec, à proximité, de la végétation le jour de l'accident), un panneau « DEFENSE ABSOLUE DE TOUCHER AUX FILS ELECTRIQUES MEME TOMBES A TERRE DANGER DE MORT ».	un feu routier clignotant rouge à diodes, une sonnerie atténuée, une lisse peinte en blanc et rouge. La ligne ferroviaire étant dédoublée au niveau du PN n° 2, un panneau « UN TRAIN PEUT EN CACHER UN AUTRE ».

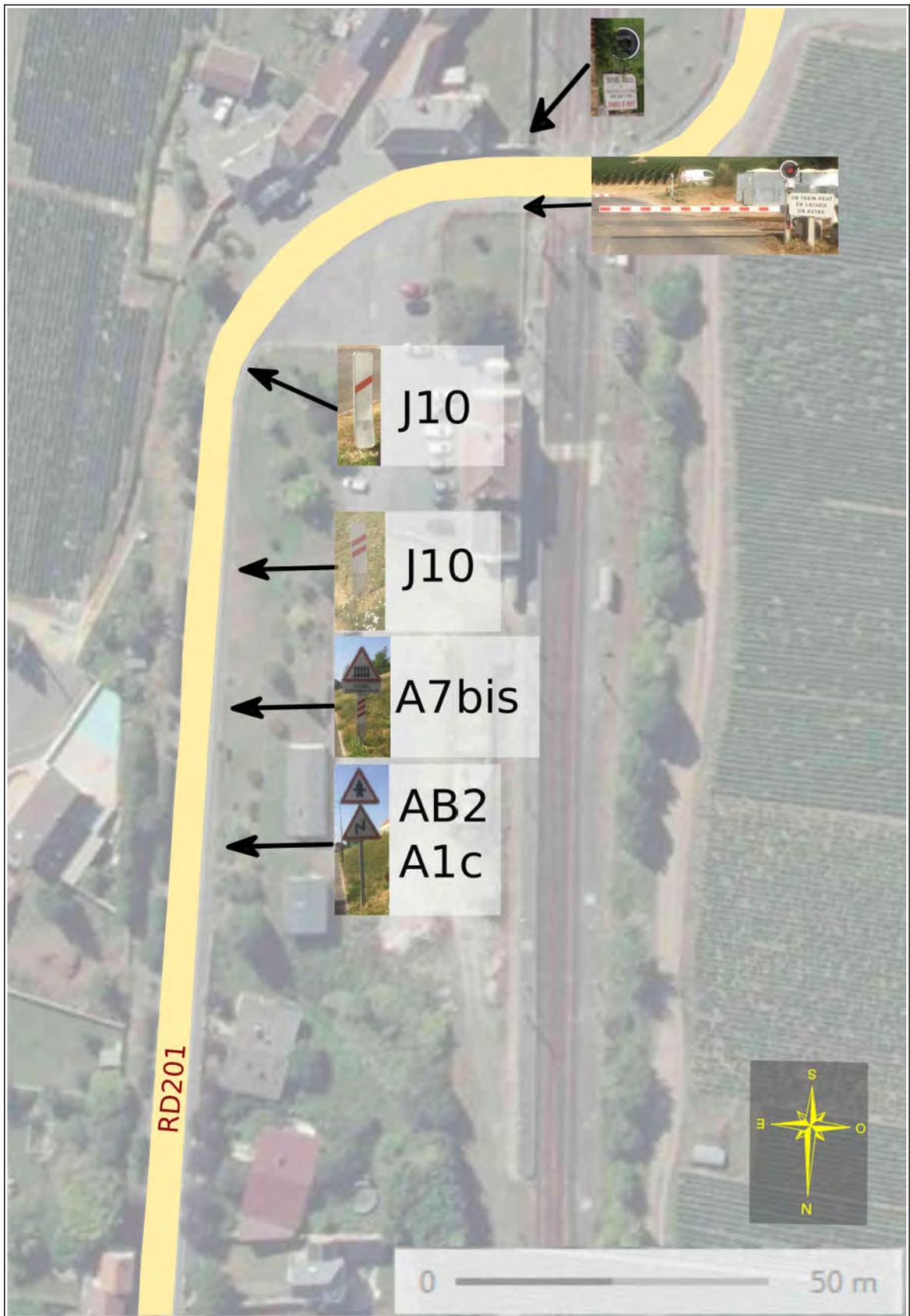


Figure 13 : description de la signalisation verticale routière en approche du PN n° 2 dans le sens de circulation du VL
 (vue aérienne Géoportail-IGN, photos et légende BEA-TT)

2.6.6 - Les équipements présents au PN n° 2

Pour décrire plus aisément le PN n° 2, quatre quadrants sont définis et sont présentés dans la figure suivante.

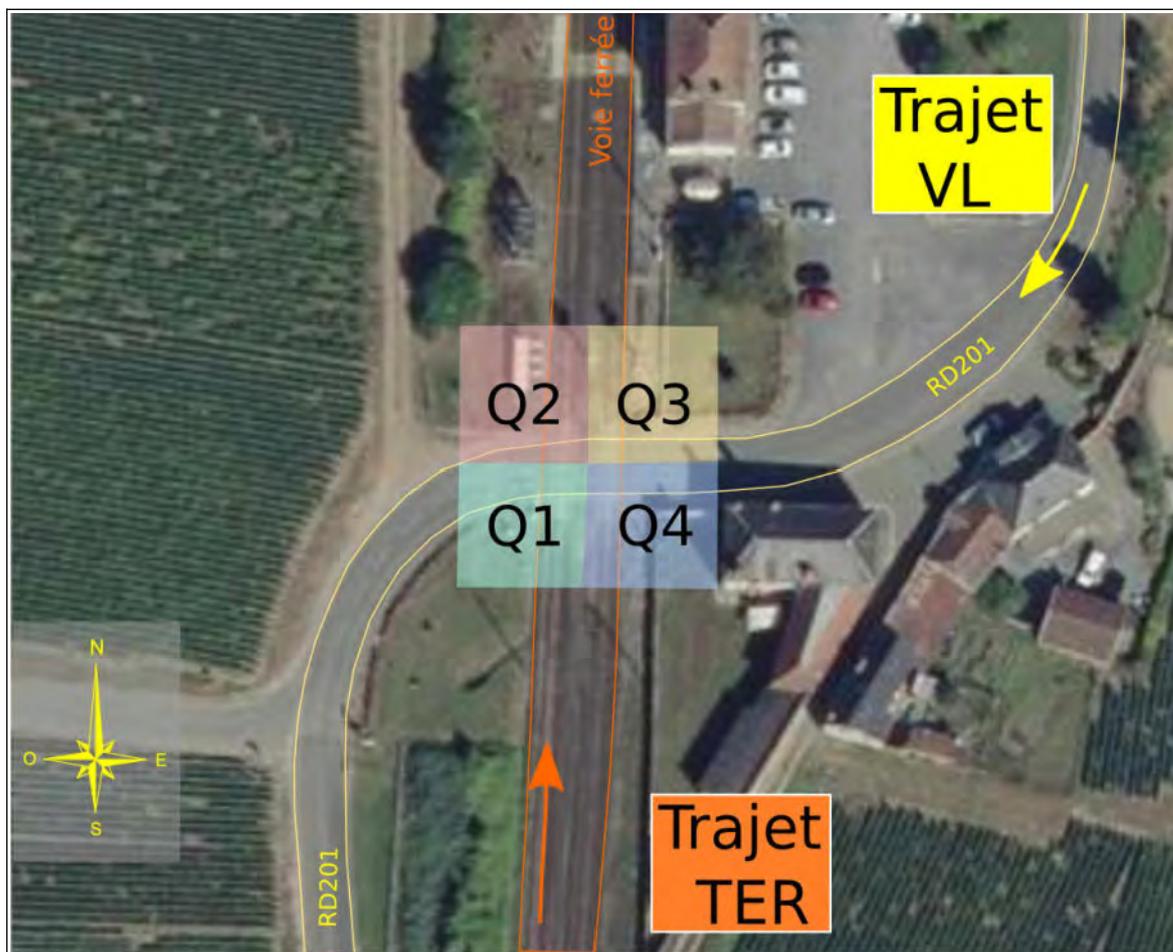


Figure 14 : présentation des quatre quadrants du PN n° 2
(vue aérienne Géoportail-IGN légendée BEA-TT)

Quadrant 1	Feu rouge clignotant à diodes + panneau « UN TRAIN PEUT EN CACHER UN AUTRE » + sonnerie atténuée + demi-barrière rouge et blanche + téléphone d'urgence
Quadrant 2	Feu rouge clignotant à diodes + panneau « DEFENSE ABSOLUE DE TOUCHER AUX FILS ELECTRIQUES MEME TOMBES A TERRE DANGER DE MORT » + guérites (installations électriques et accumulateurs)
Quadrant 3	Feu rouge clignotant à diodes + panneau « UN TRAIN PEUT EN CACHER UN AUTRE » + sonnerie atténuée + demi-barrière rouge et blanche + téléphone d'urgence
Quadrant 4	Feu rouge clignotant (avec, à proximité, de la végétation) + panneau « DÉFENSE ABSOLUE DE TOUCHER AUX FILS ÉLECTRIQUES MÊME TOMBES A TERRE DANGER DE MORT » + équipement de reprise manuelle du gardiennage avec voyants d'annonce + armoire (outils et documents)

Le PN n° 2 possède donc un système de signalisation automatique lumineuse (quatre feux rouges clignotants à diodes) et sonore comportant deux demi-barrières (SAL2). Suite à une demande locale, il a été équipé d'un système de sonnerie atténuée. Le PN comporte également deux téléphones d'alerte en cas d'urgence.

2.6.7 - Le fonctionnement du PN avec un train direct arrivant d'Épernay

Selon les dispositions de l'article 10 de l'arrêté du 18 mars 1991 modifié relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau, la signalisation lumineuse et sonore ainsi que l'abaissement automatique des demi-barrières ne sont déclenchés qu'à l'approche d'un train.

Dans le cas d'un seul train arrivant d'Épernay et ne s'arrêtant pas à Avenay-Val d'Or, cas du train impliqué dans l'accident, l'activation du PN n° 2 est réalisée suivant les phases ci-dessous. Le principe de fonctionnement dans le cas d'un train croiseur sera détaillé dans la partie 3.2.4 du rapport.

<p>Phase 1 : le lancement de la séquence.</p> <p>Les roues du train actionnent mécaniquement deux pédales d'annonce situées 1139 mètres avant le PN :</p> <ul style="list-style-type: none">➤ les feux rouges s'allument et clignotent de manière synchronisée ;➤ les sonneries s'activent ;➤ les demi-barrières sont immobiles et en position haute. <p>Cette phase dure 6 secondes.</p>	
<p>Phase 2 : l'abaissement des demi-barrières.</p> <ul style="list-style-type: none">➤ les demi-barrières commencent à s'abaisser ;➤ les feux et les sonneries sont toujours actifs. <p>Les demi-barrières atteignent leur position basse en 10 secondes.</p> <p>16 secondes se sont alors écoulées depuis le début de la séquence.</p>	
<p>Phase 3 : le PN est fermé.</p> <p>Lorsque les demi-barrières sont en position basse :</p> <ul style="list-style-type: none">➤ les sonneries se désactivent ;➤ les feux rouges continuent à clignoter. <p>Un train circulant à la vitesse maximale autorisée arrivera au niveau du PN 18 secondes après l'abaissement des barrières.</p> <p>34 secondes se sont alors écoulées depuis le début de la séquence.</p>	

<p>Phase 4 : le passage du train.</p> <p>Le train franchit le PN à la vitesse maximale de 120 km/h lorsqu'il ne marque pas l'arrêt à Avenay Val d'Or :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ les feux rouges clignotent ; ➤ les sonneries sont inactives ; ➤ les demi-barrières sont en position basse. 	
<p>Phase 5 : la réouverture du PN.</p> <p>Une fois le train détecté comme ayant franchi le PN par les équipements positionnés sur et en aval de cette infrastructure, la séquence d'ouverture va débiter :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ les feux rouges se désactivent ; ➤ les sonneries sont inactives ; ➤ les demi-barrières remontent. <p>Les demi-barrières sont en mouvement pendant 7 secondes avant d'atteindre leur position haute.</p>	
<p>Phase 6 : la fin de la séquence.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ les demi-barrières sont en position haute. <p>Au plus court, il s'est écoulé 49 secondes depuis le début de la séquence.</p> <p>Les usagers de la route peuvent franchir le PN.</p>	

Les enquêteurs du BEA-TT se sont rendus sur les lieux quelques jours après l'accident et ont constaté la concordance entre le fonctionnement réel et le fonctionnement théorique des équipements du PN n° 2.

En particulier, le temps entre le début de clignotement des feux rouges et l'arrivée de la tête d'un train roulant à 120 km/h a été mesuré à 34 secondes. Ce délai est supérieur aux 20 secondes minimales réglementaires fixées par l'arrêté du 18 mars 1991 modifié.

3 - Le compte rendu des investigations effectuées

3.1 - L'état des lieux après l'accident

3.1.1 - La position du TER et du VL

Suite au choc, le véhicule a été projeté 40 mètres environ en aval du PN n° 2, le long des voies ferrées. Sur cette distance, de nombreux éléments des équipements ferroviaires et des éléments du véhicule léger ont été détruits et projetés sur les voies ferrées.

Le TER, grâce au freinage d'urgence, s'est arrêté près de 450 mètres en aval du PN n° 2.

Les figures ci-après visualisent les positions ainsi que les distances parcourues par le TER et le véhicule léger depuis le choc jusqu'à leur immobilisation. Pour des raisons de lisibilité, le TER et le VL ont été agrandis sur la figure suivante.

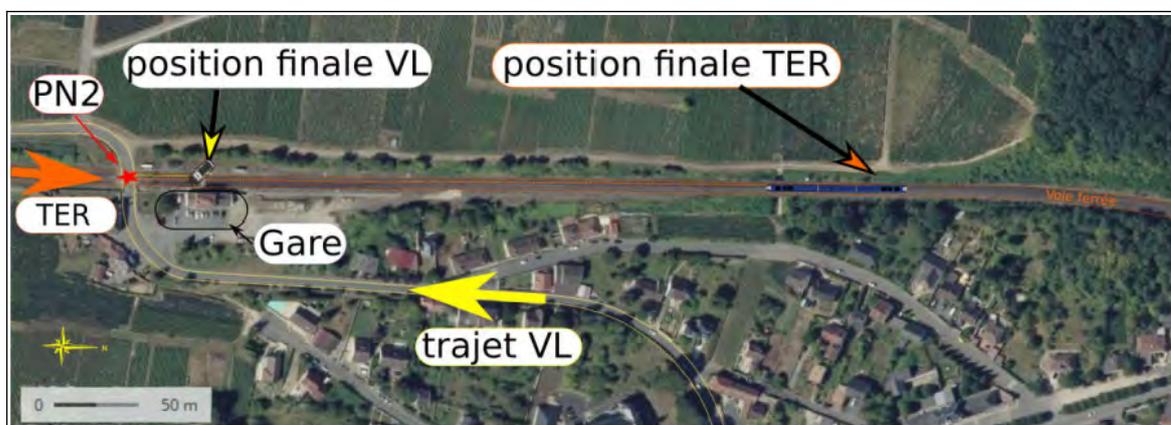


Figure 15 : positions finales du VL et du TER après le choc
(photo aérienne Géoportail-IGN, légende BEA-TT)



Figure 16 : photo illustrant les positions finales du VL et du TER après le choc
(photo SNCF, légendée BEA-TT)

3.1.2 - Les équipements du passage à niveau

Les premières constatations des gendarmes, réalisées vers 10 h 10 indiquent des feux éteints. Puis, la situation évolue au bout de quelques minutes, les feux rouges clignotent. Enfin, à compter de 10 h 30 et pour le reste de la journée ensuite, les feux rouges sont « au fixe » c'est-à-dire allumés en continu.

L'évolution de l'allumage des feux du passage à niveau, suite à la collision, sera détaillé dans la partie 3.5.2 du rapport.

- **Au niveau du quadrant n° 1**

La demi-barrière est en position basse.
La sonnerie est inactive.
Le feu rouge est allumé en continu.

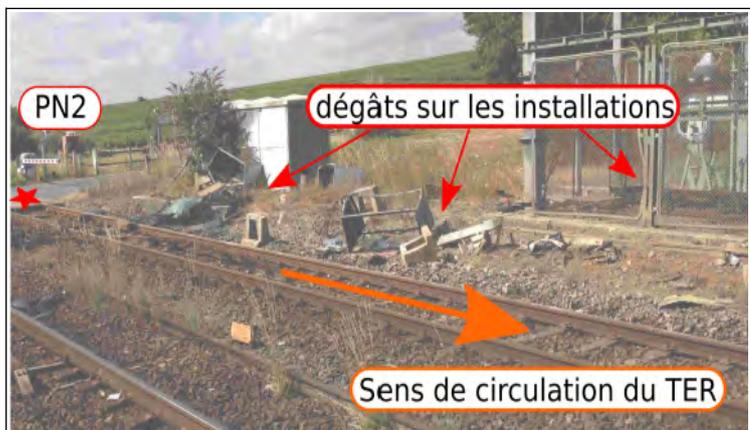


- **Au niveau du quadrant n° 2**

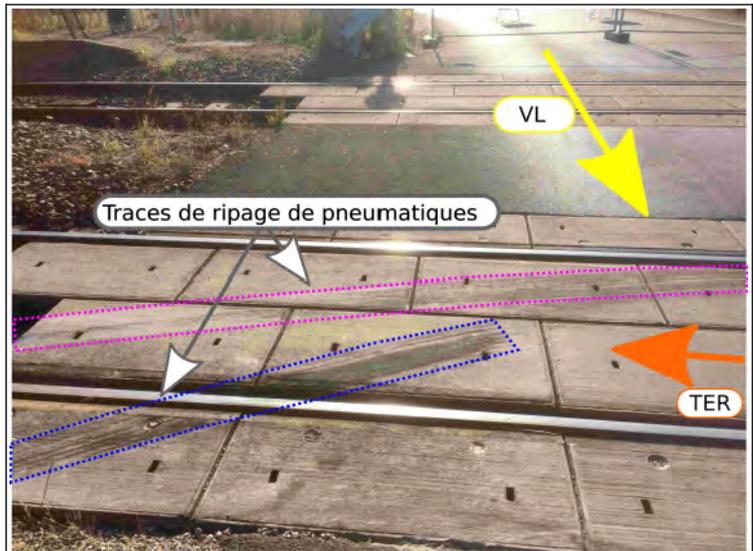
Le feu rouge est allumé en continu.



De nombreux équipements ferroviaires, notamment les accumulateurs et leurs abris, sont détruits.



Sur le platelage du PN sont relevées des traces de ripage de pneumatiques (représentées en rose et bleu).



• *Au niveau du quadrant n° 3*

Le feu rouge est allumé en continu.



La lisse est pliée dans le sens de la route vers la voie ferrée, c'est-à-dire dans le sens de circulation du véhicule léger impliqué.

Le support de la lisse (axe vert) n'est pas en position horizontale (axe bleu).

La sonnerie est inactive.



- *Au niveau du quadrant n° 4*

De la végétation était présente à proximité du feu au moment de l'accident.

Le feu rouge est allumé en continu.



3.2 - Le résumé des témoignages

Les résumés des témoignages sont établis par les enquêteurs techniques sur la base des déclarations orales ou écrites dont ils ont eu connaissance. Ils ne retiennent que les éléments qui paraissent utiles pour éclairer la compréhension et l'analyse des événements et pour formuler des recommandations. Il peut exister des divergences entre les différentes déclarations ou entre ces déclarations et des constats ou analyses présentés par ailleurs.

3.2.1 - Le conducteur du train express régional

Le jour de l'accident, l'agent de conduite a pris son service à 4 h 54. Dans son trajet précédant l'accident, il avait parcouru la ligne dans le sens de Reims vers Épernay. Il circulait sur cette ligne depuis sept ans.

Le train n° 839 945 est parti d'Épernay à 9 h 39 et circule ensuite à l'heure. Ce train ne devait pas marquer l'arrêt à Avenay-Val d'Or. Les conditions de conduite étaient bonnes, aucun problème d'adhérence n'était signalé, ni aucune autre difficulté particulière. L'agent de conduite était seul dans la cabine de conduite.

Le tracé de la voie étant en courbe avant le PN n° 2, l'agent de conduite a découvert tardivement, en arrivant sur le PN, qu'un véhicule, en mouvement de la droite vers la gauche en prenant pour référence le sens de circulation du train, traversait les voies. L'avant du train l'a percuté sur le côté gauche.

L'agent de conduite a actionné le frein d'urgence de la rame. Il a également déclenché l'émission des signaux d'alerte lumineux « SAL » et d'alerte radio « SAR » afin d'imposer le nécessaire arrêt de l'ensemble des trains à proximité du PN.

Après avoir pris des nouvelles des passagers du train, il s'est rendu à la gare pour faciliter l'action des secours. Il les a ensuite accompagnés au train et a participé à l'évacuation des passagers.

3.2.2 - Les passagers du TER

Les témoignages recueillis font ressortir que :

- aucun passager n'a entendu le train siffler avant l'accident ;
- le choc avec le VL a été perçu comme violent ;
- de sérieux dégâts se sont produits au niveau des baies vitrées de la rame, dont l'explosion a entraîné des blessures parmi les passagers du train.

3.2.3 - Les personnes situées à proximité du lieu de l'accident

Aucun témoin n'a déclaré avoir vu le véhicule routier s'engager sur le PN n° 2 avant la collision. Les témoins décrivent d'une manière unanime les éléments suivants :

- les conditions météorologiques étaient correctes ;
- aucun d'entre eux n'a entendu le sifflet du train ;
- un grand bruit a été entendu au moment du choc ;
- un panache de fumée blanche s'élevait au-dessus de la voie ferrée juste après le choc ;
- en arrivant sur les lieux, les demi-barrières du PN étaient baissées ;

- la lisse de la demi-barrière fermant la voie de circulation du VL accidenté était pliée depuis la route vers la voie ferrée ;
- les téléphones d'urgence n'ont pas été utilisés.

Un seul témoin, qui travaillait dans la maison la plus proche du PN, a indiqué aux enquêteurs de la Gendarmerie nationale avoir entendu la sonnerie du PN n° 2 avant le choc.

Un autre témoin, qui travaillait dans les vignes à proximité du PN lors de l'accident, indique avoir franchi le PN n° 2 un quart d'heure avant l'accident, les demi-barrières étaient alors en position haute, non heurtées. Les feux rouges étaient normalement éteints.

3.2.4 - Les autres témoignages recueillis après l'appel à témoin lancé par la Gendarmerie nationale

Faisant suite à de nombreux témoignages de dysfonctionnements du PN n° 2 publiés dans la presse ou sur les réseaux sociaux, les enquêteurs de la Gendarmerie nationale ont lancé un appel à témoins pour stabiliser les circonstances de ces événements antérieurs à l'accident. Il ressort des témoignages reçus trois situations distinctes. Ces situations ont été analysées par le BEA-TT :

- **situation 1** : les demi-barrières du PN n° 2 restent baissées plusieurs minutes après l'arrêt en gare d'un train en provenance de Reims en attendant le passage du train en provenance d'Épernay.

Un train arrivant de Reims stationne en gare d'Avenay-Val d'Or, même s'il ne dessert pas la gare, puisque la voie ferrée qu'il doit emprunter ensuite est occupée par un train arrivant d'Épernay (cf § 2.2).

Le PN s'est fermé au moment de l'annonce de l'arrivée du train en provenance de Reims, les demi-barrières resteront horizontales tant que le train arrivant d'Épernay n'aura pas franchi le PN.

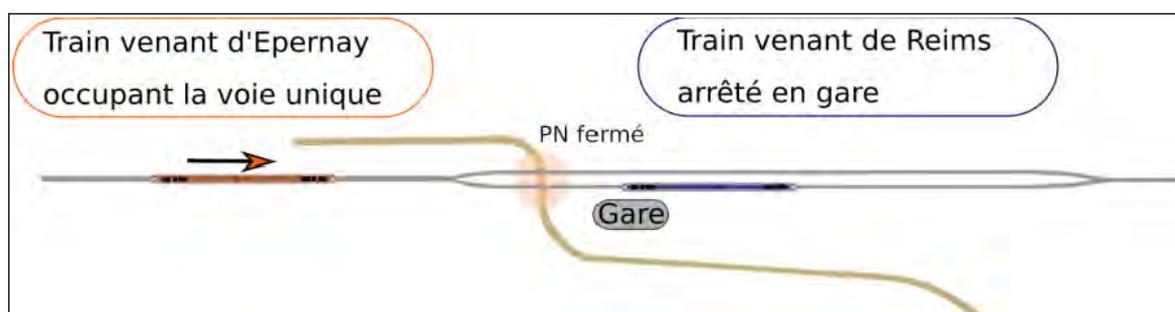


Figure 17 : schéma illustratif de la situation 1 avec un train en provenance de Reims attendant un train en provenance d'Épernay, le PN est fermé

- **situation 2** : les demi-barrières du PN n° 2 sont en position haute alors qu'un train en provenance d'Épernay est arrêté à proximité, au niveau d'un quai de la gare.

Un train arrivant d'Épernay franchit le PN fermé puis stationne à la gare d'Avenay-Val d'Or, la voie ferrée qu'il doit emprunter ensuite est occupée par un train arrivant de Reims.



Figure 18 : schéma illustratif de la situation 2 avec un train en provenance d'Épernay franchissant le PN fermé, le train venant de Reims occupe la voie unique.

Le train d'Épernay, en franchissant le PN, active sa réouverture (cf § 2.6.7). Les feux s'éteignent et les barrières se mettent en position haute.

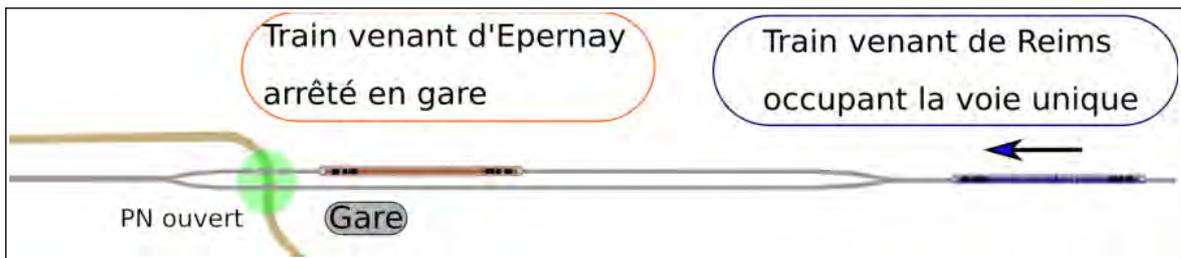


Figure 19 : schéma illustratif de la situation 2 avec un train en provenance d'Épernay ayant franchi le PN et attendant l'arrivée du train de Reims, le PN est ouvert.

Le PN se refermera lorsque le train en provenance de Reims lancera l'annonce.

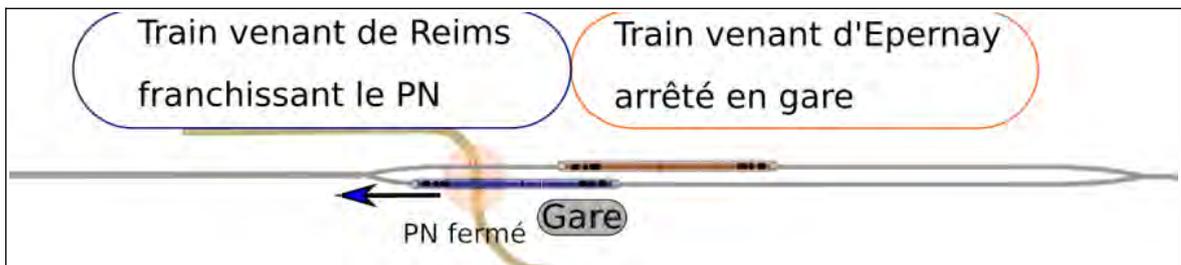


Figure 20 : schéma illustratif de la situation 2 avec un train en provenance d'Épernay stationné en gare et un train venant de Reims franchissant le PN fermé.

➤ **situation 3** : les demi-barrières du PN n° 2 sont baissées, un train franchit le PN, les barrières se relèvent mais, avant d'atteindre leur position haute, se rebaissent rapidement.

Deux cas sont présentés ci-après, selon la provenance du premier train.

- **situation 3-a** : avec un train en provenance de Reims arrêté en gare.

Un train en provenance de Reims lance l'annonce. Le PN se ferme. Ce train stationne en gare puisque la voie devant lui est occupée.

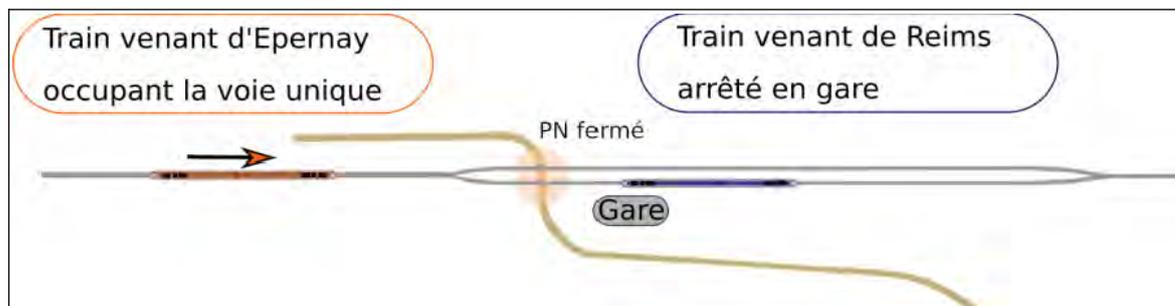


Figure 21 : schéma illustratif de la situation 3-a avec un train en provenance de Reims attendant un train en provenance d'Épernay, le PN est fermé

Un train en provenance d'Épernay franchit le PN fermé. Ce train s'arrête ou ne s'arrête pas en gare selon son programme. S'il ne dessert pas la gare, il n'a pas besoin de s'arrêter puisque la voie devant lui est libre.

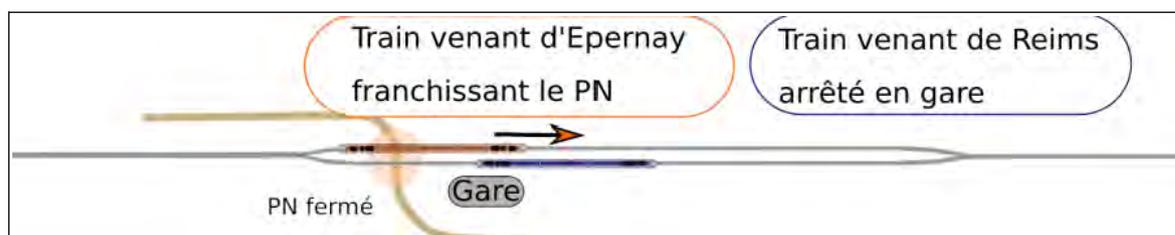


Figure 22 : schéma illustratif de la situation 3-a avec un train en provenance d'Épernay franchissant le PN fermé, le train venant de Reims stationne toujours en gare

Après que le train venant d'Épernay a franchi le PN, le conducteur du train venant de Reims appelle le PC de circulation pour indiquer qu'il peut repartir. Pendant ce temps, le PN commence à s'ouvrir suite au passage du train venant d'Épernay.

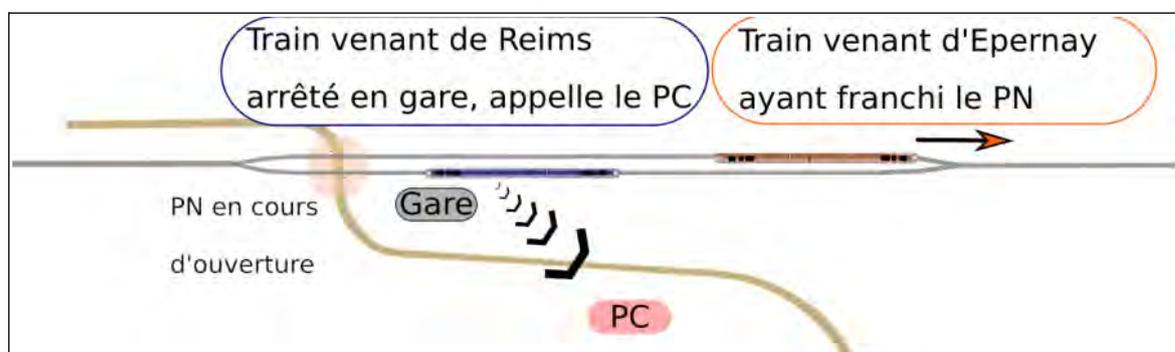


Figure 23 : schéma illustratif de la situation 3-a avec un train en provenance d'Épernay ayant franchi le PN, le train venant de Reims appelle le PC alors que le PN s'ouvre

Au moment où le PC de circulation lance la fermeture du PN, il peut arriver que les barrières n'aient pas encore atteint leur position haute, puisqu'elles ont besoin de sept secondes pour y arriver (cf. § 2.6.7 – phase 5).

Les feux rouges se mettent à clignoter à nouveau, les sonneries s'activent et simultanément le mouvement de relèvement des demi-barrières s'interrompt, bloquant les lisses dans une position inclinée.

Après six secondes dans cette position, les demi-barrières commencent à redescendre. Comme elles ne débutent pas ce mouvement depuis leur position haute, la descente est donc plus rapide qu'habituellement.

Une fois le PN fermé, le train en provenance de Reims quitte la gare et franchit le PN. Ce dernier s'ouvrira à nouveau après le passage du train.

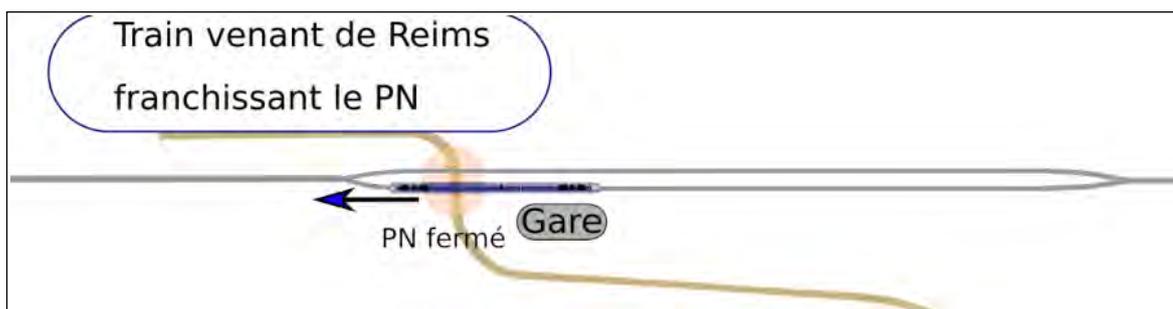


Figure 24 : schéma illustratif de la situation 3-a avec un train venant de Reims franchissant le PN

- **Situation 3b** : avec un train en provenance d'Épernay arrêté en gare.

Le train en provenance d'Épernay franchit le PN fermé.



Figure 25 : schéma illustratif de la situation 3-b avec un train en provenance d'Épernay franchissant le PN fermé, le train venant de Reims occupe la voie unique.

Le PN commence à s'ouvrir suite à ce passage. Le train venant d'Épernay doit s'arrêter en gare puisque la voie devant lui est occupée.

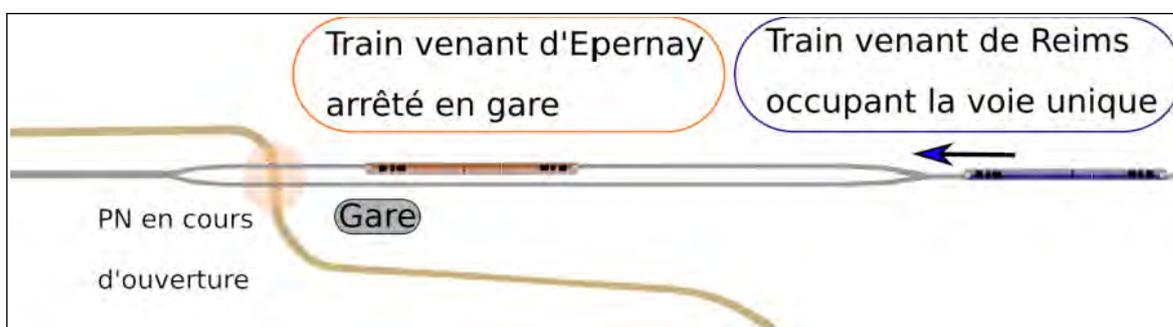


Figure 26 : schéma illustratif de la situation 3-b avec un train en provenance d'Épernay stationnant en gare, le PN est en cours d'ouverture alors que le train venant de Reims occupe la voie unique.

Si un train arrive de Reims alors que les demi-barrières ne sont pas encore en position haute, les feux rouges se mettent à clignoter à nouveau, les sonneries s'activent et simultanément le mouvement de relèvement des demi-barrières s'interrompt, bloquant les lisses dans une position inclinée.

Après six secondes dans cette position, les demi-barrières commencent à redescendre. Comme elles ne débutent pas ce mouvement depuis leur position haute, la descente est donc plus rapide qu'habituellement.

Une fois le PN fermé, le train en provenance de Reims franchit ce PN.

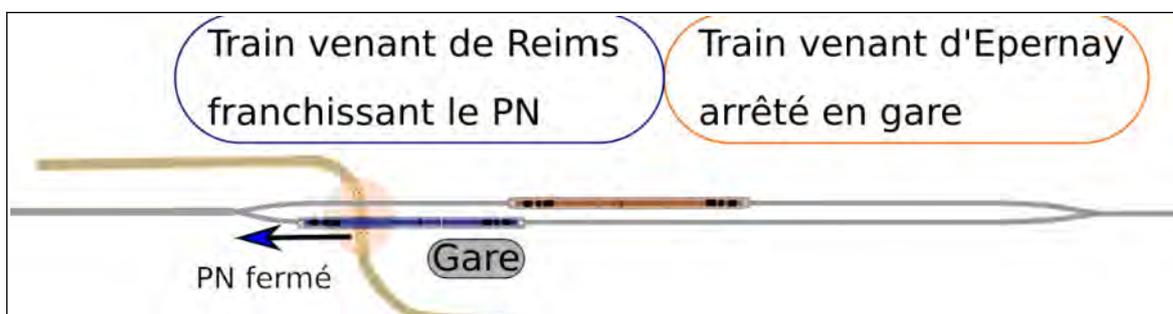


Figure 27 : schéma illustratif de la situation 3-b avec un train en provenance d'Épernay stationnant en gare et le train venant de Reims franchit le PN

Le PN s'ouvre une fois que le train en provenance de Reims l'a franchi.

En conclusion, la ligne unique à double sens de circulation nécessite par endroit un dédoublement de voies pour permettre le croisement de trains en sens contraire. Deux conséquences peuvent être notées dans le cadre de fonctionnement d'un PN se situant dans une telle zone de dédoublement.

La première concerne le temps de fermeture du PN, qui peut être sensiblement plus long que la trentaine de secondes habituelle de fermeture des demi-barrières dans le cas d'un passage d'un seul train.

La seconde a trait à la séquence de réouverture du PN qui peut être interrompue. Les demi-barrières peuvent alors se trouver dans une position inclinée inhabituelle pendant une durée de 6 secondes, et se refermer ensuite lors de la nouvelle séquence de fermeture activée par un train croiseur.

Les enquêteurs du BEA-TT notent que l'article 111-1 de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR) relatif à l'emploi de feu rouge clignotant de type R24 précise que « la durée minimale d'extinction entre deux allumages successifs doit être de six secondes ». Cette durée minimale correspond peu ou prou au temps de relèvement des demi-barrières jusqu'à la position verticale (cf paragraphe 2.6.7), permettant aux premiers véhicules arrêtés devant le PN de le traverser. Dans le cas relevé pour les situations 3, ce temps de 6 s peut ne pas être respecté.

L'article R422-3 du Code de la route précise également « Lorsqu'un passage à niveau est muni de barrières ou de demi-barrières, aucun usager de la route ne doit s'y engager lorsque ces barrières sont soit fermées, soit en cours de fermeture ou d'ouverture. ». La position inclinée et fixe des demi-barrières dans les cas précédents ne semblent pas être un cas d'usage envisagé par le Code de la route.

Concernant les aspects réglementaires indiqués dans les deux paragraphes précédents, bien que n'ayant pas de lien avec l'accident étudié, le BEA-TT considère qu'une évolution de la réglementation pourrait prendre en compte les spécificités des cas concrets ci-avant décrits.

3.3 - Le véhicule léger et sa conductrice

3.3.1 - Les caractéristiques et l'entretien du véhicule léger

Immatriculé pour la première fois en février 2016, ce véhicule avait été acheté d'occasion par la conductrice auprès d'un garage NISSAN moins d'un mois avant l'accident. De ce fait, le véhicule n'avait pas encore passé son premier contrôle technique, qui n'est obligatoire que pour les véhicules immatriculés depuis plus de 4 ans.

Propulsé par un moteur diesel d'une puissance de 130 chevaux transmise aux seules roues avant, il était muni d'une boîte de vitesses manuelle à six rapports. Sa longueur était de 4,64 m, son poids à vide était de 1 625 kg et son poids total autorisé en charge de 2 260 kg.

La conductrice était ceinturée. Un enfant était assis et ceinturé à la place du passager avant. Un enfant était assis et ceinturé dans un siège enfant situé derrière la conductrice, sur la deuxième rangée de sièges. Enfin, un enfant était assis et attaché dans un siège enfant situé sur la troisième rangée de sièges.



Figure 28 : vue d'un véhicule NISSAN de type X-TRAIL similaire à celui impliqué dans l'accident
(source : site internet NISSAN MOTORS)

3.3.2 - Les dégâts occasionnés au véhicule routier

Le véhicule est entièrement détruit.



Figure 29 : vue de la partie gauche du véhicule routier après désincarcération des victimes
(photo SNCF)

Sous l'effet du choc, le véhicule a heurté des équipements ferroviaires présents sur le côté gauche des voies. Il a ensuite été renvoyé contre le côté gauche de la motrice et de la remorque. Le véhicule a terminé sa course à plus de 40 mètres en aval du passage à niveau, le long des voies ferrées.



Figure 30 : vue de la partie droite du véhicule routier après désincarcération des victimes
(photo SNCF)

Les coussins gonflables de sécurité, airbags frontaux et latéraux, se sont déclenchés.

Une expertise judiciaire du véhicule indique :

- l'absence d'indice conduisant à considérer un dysfonctionnement du véhicule au niveau de la direction, de la propulsion ou des équipements de freinage ;
- l'absence d'indice conduisant à considérer un problème au niveau des pneumatiques du véhicule ;
- que les dispositifs d'attache, les ceintures et les sièges autos, étaient enclenchés.

Le choc initial s'est produit au niveau de la porte arrière gauche du véhicule routier. Cette localisation a pu être déduite des dégâts observés sur cette porte mais également des marques de ripage des pneumatiques présentée ci-dessous. Les traces de l'impact de l'attelage automatique, situé dans l'axe de la motrice en tête, étaient visibles sur la porte arrière gauche du VL.

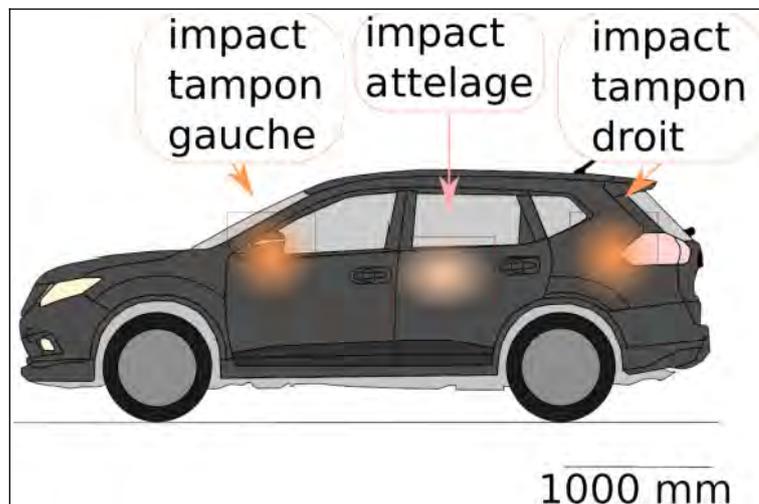


Figure 31 : schéma de localisation du choc initial sur le côté gauche du VL
(en orange les tampons de la motrice, en saumon l'attelage automatique de la motrice)

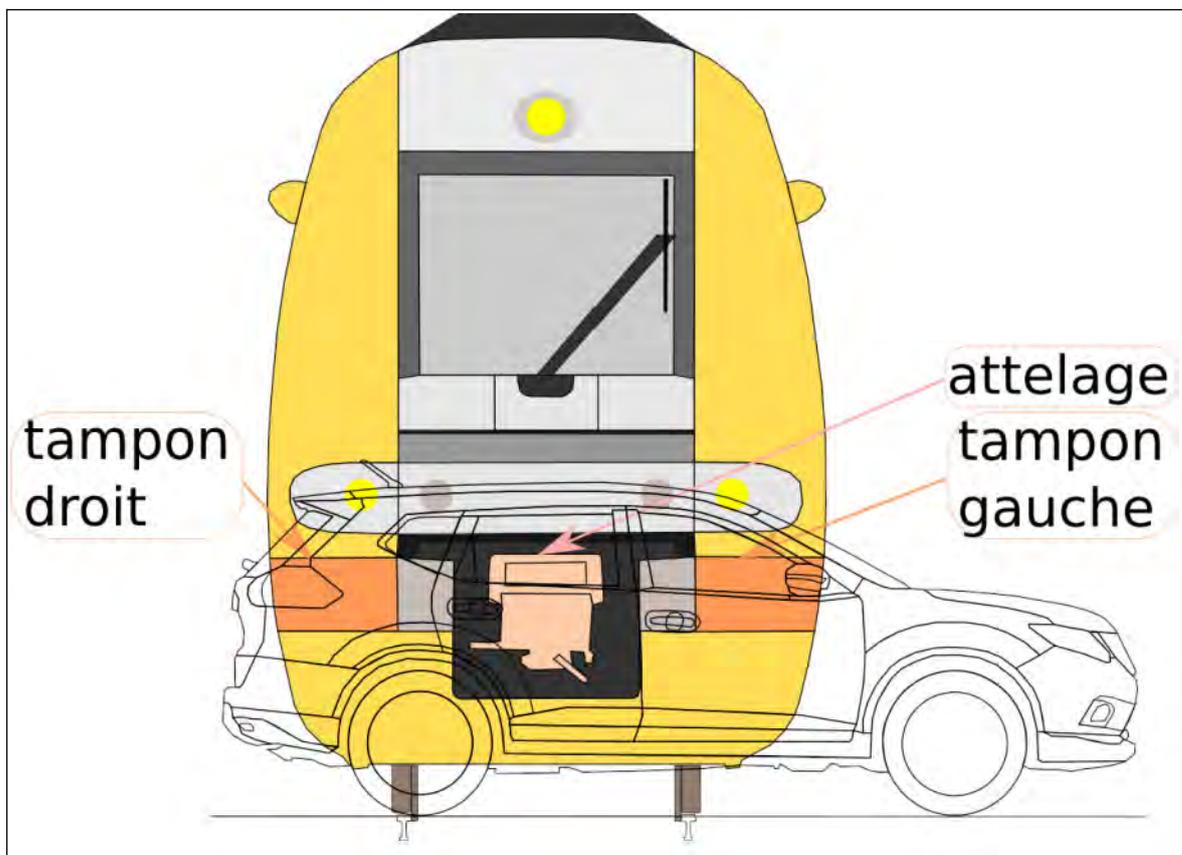


Figure 32 : schéma du choc initial vu depuis la droite du VL

L'examen des roues arrière du véhicule et les dégâts causés par l'attelage automatique sur la porte arrière gauche du VL ont permis d'associer les traces de ripage relevées sur le platelage aux roues arrière droite et gauche.

Les enquêteurs du BEA-TT considèrent que d'après la position des traces de ripage, celle qui est la plus longue correspond au pneu de la roue arrière gauche représentée en rose sur la figure suivante. La trace la plus courte, positionnée au plus près du point de rotation du véhicule, correspond au pneu de la roue arrière droite représentée en bleu sur la figure suivante.

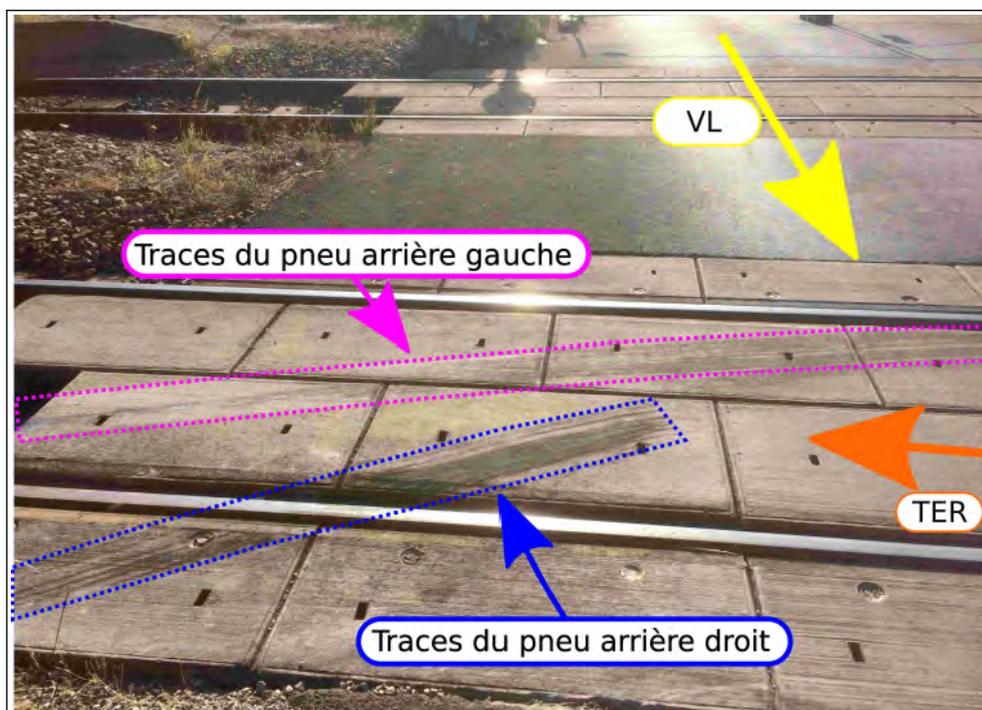


Figure 33 : traces de ripage sur le platelage
(photo et légende BEA-TT)

Ces éléments tiennent compte du mouvement du véhicule, de la droite vers la gauche, au moment du choc. Ils tiennent compte également de la localisation du choc entre l'attelage du train et la porte arrière gauche du VL donc à l'arrière du centre de gravité du VL, ce qui a entraîné sa rotation dans le sens antihoraire.

Le BEA-TT privilégie donc une trajectoire du VL post collision résultant :

- d'un mouvement de rotation anti-horaire du VL suite au choc avec le train ;
- d'un mouvement de translation du VL dans la direction de circulation du TER ;
- d'un mouvement de translation du VL dans la direction de son déplacement initial, soit de la droite vers la gauche.

À partir de la localisation du début de la trace de la roue gauche situé à 560 mm à droite de l'axe médian de la chaussée dans le sens de circulation du VL, la position du VL a été reconstituée. Le choc s'est produit alors que le VL était dans sa voie de circulation.

Dans les figures ci-après, les traces de la roue arrière gauche sont représentées en rose, les traces de la roue arrière droite sont représentées en bleu.

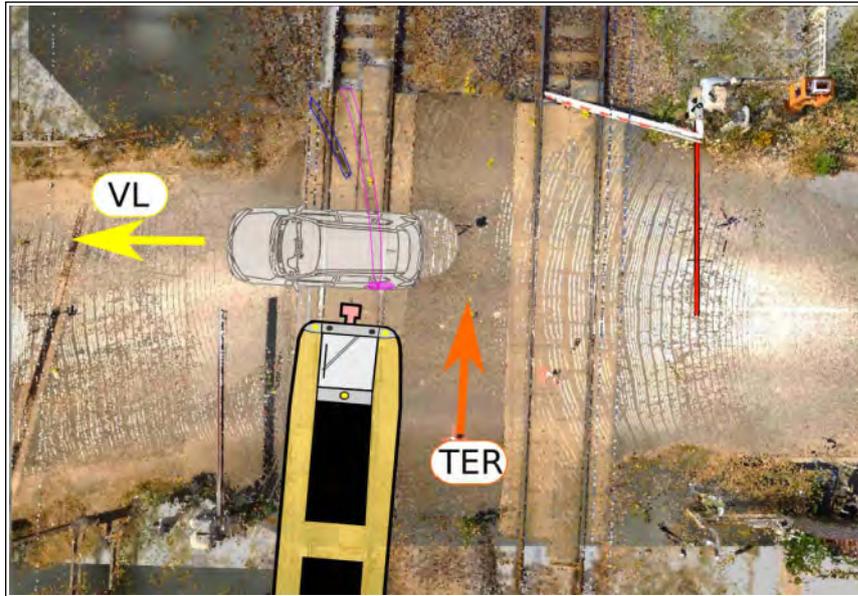


Figure 34 : localisation du VL au moment du choc, reconstruction à partir des traces de ripage.
(fond d'image IRCGN, complété BEA-TT)

Pour des raisons de facilité de lecture des illustrations, seule la roue arrière gauche du VL a été représentée.

De même, pour l'illustration suivante, le TER n'a été représenté que sur une seule position alors qu'il avançait au moment où le VL effectuait son mouvement post-collision.

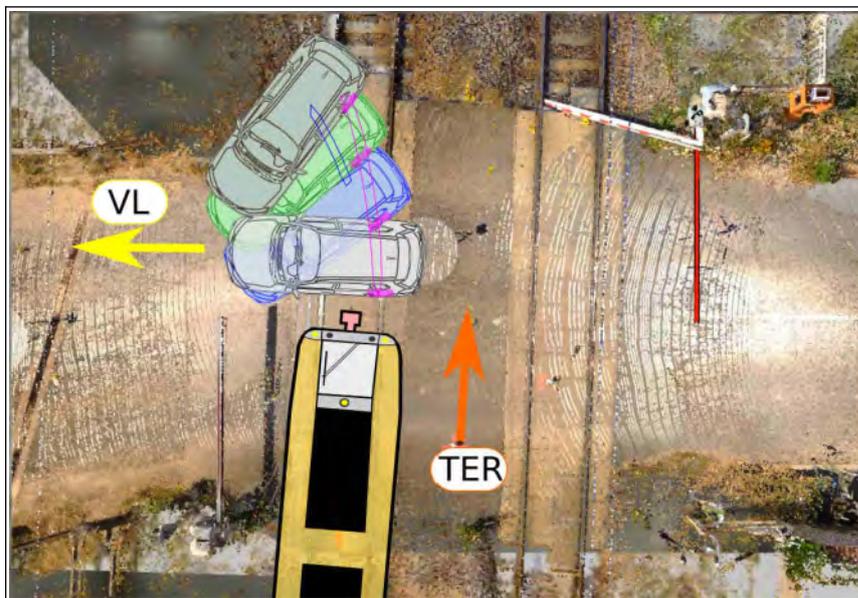


Figure 35 : mouvement du VL suite au choc, reconstruction à partir des traces de ripage.
(fond d'image IRCGN, complété BEA-TT)

3.3.3 - La conductrice du véhicule léger

La conductrice était la principale utilisatrice du véhicule et l'avait utilisé à plusieurs reprises depuis cet achat.

Elle était titulaire d'un permis de conduire de catégorie B valide au moment de l'accident.

Pour exercer son métier d'assistante maternelle, la conductrice a fourni un certificat médical¹⁰ aux services du conseil départemental de la Marne au moment de sa demande d'agrément.

Les investigations ont permis de vérifier que l'agrément de la conductrice était valide, et qu'il avait fait l'objet d'un renouvellement.

Les expertises sur son téléphone mobile ont établi l'absence de communication téléphonique vocale ou d'envoi de SMS au moment de l'accident.

Les dépistages d'alcoolémie et de consommation de stupéfiants effectués *post mortem* se sont révélés négatifs.

Les investigations toxicologiques menées montrent « un usage d'une substance médicamenteuse de type psychotrope à visée antidépressive présente à concentration toxique dans le sang ».

Ce médicament comportait sur son emballage un pictogramme de niveau 2 entrant dans la catégorie des antidépresseurs¹¹. Les analyses ne donnent pas d'informations sur l'heure de prise des médicaments ni sur la quantité de cachets concernés.

Les enquêteurs du BEA-TT ont constaté que ce médicament était délivré sur ordonnance, qu'il faisait bien l'objet d'un classement et d'une signalétique particulière visible sur la boîte des cachets.

L'article 3 de l'arrêté du 8 août 2008 dispose que « *Le pictogramme associé au niveau 2 concerne les médicaments ou produits contenant des substances actives mentionnées dans l'annexe au présent arrêté, qui peuvent remettre en cause l'aptitude à la conduite de véhicules ou à l'utilisation de machines et nécessitent l'avis d'un professionnel de santé.* »

Selon les informations transmises par l'agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), les effets indésirables de ce médicament, pris en dose thérapeutique, peuvent être en lien avec l'altération du discernement et la réactivité de la conductrice, notamment :

- des sensations de vertige, de sédation ;
- des troubles de la vision, une fatigue et un état confusionnel.

Aux effets indésirables peuvent s'ajouter des effets liés à un surdosage tels une tachycardie, des modifications du niveau de conscience pouvant conduire à de la somnolence voire au coma, des convulsions et des vomissements.

10 Un exemple de modèle de certificat médical peut être téléchargé sur le site internet du conseil départemental des Yvelines

(<https://www.yvelines.fr/wp-content/uploads/2011/09/Certificat-medical-daptitude-20141.pdf>)

11 La substance active entre dans les produits de niveau 2 selon l'annexe de l'arrêté du 8 août 2008 modifié pris pour l'application de l'article R. 5121-139 du Code de la santé publique et relatif à l'apposition d'un pictogramme sur le conditionnement extérieur de certains médicaments et produits.

3.3.4 - Le trajet d'approche du véhicule léger

L'enquête a établi que la conductrice était partie de son domicile pour se rendre sur la commune d'Aÿ-Champagne (51) pour des motifs professionnels.

La longueur de ce trajet était d'environ 6 km et sa durée théorique était de l'ordre de 10 minutes.

Dans le cadre de son travail, la conductrice effectuait régulièrement ce trajet avec des enfants à bord de son véhicule. Elle connaissait l'itinéraire depuis son domicile jusqu'au lieu de rendez-vous en passant par le passage à niveau n° 2.

Il a également été établi que la conductrice n'était pas en retard par rapport à l'horaire de son rendez-vous.

Le trajet d'approche avant le choc se situe exclusivement dans la commune d'Avenay-Val d'Or, commune de résidence de la conductrice.



Figure 36 : illustration (en bleu) du trajet prévu du véhicule léger
(fond de plan Géoportail-IGN, complété BEA-TT)

3.3.5 - La reconstruction cinématique du déplacement du VL pendant les cinq secondes précédant le choc.

Le véhicule est équipé de nombreux calculateurs. L'expert judiciaire a fait procéder à l'analyse des données présentes dans le calculateur du système des coussins gonflables de sécurité (*airbags*). Les données concernent la vitesse du véhicule, la valeur du régime moteur, l'action sur les pédales d'accélération ou de freinage et l'angle du volant sur la période des cinq secondes précédant la collision.

Ces données permettent une reconstruction de la cinématique du VL, cependant certaines d'entre elles ne peuvent être exploitées sans connaître les caractéristiques de l'équipement qui fournit la donnée.

Le BEA-TT a ainsi adressé plusieurs demandes au constructeur du véhicule (NISSAN) afin d'obtenir notamment les rapports de la boîte de vitesse ainsi que les valeurs de correspondance des données des angles entre le volant et l'orientation réelle des roues directrices, appelé *steering ratio*.

Le BEA-TT déplore l'absence de réponse du constructeur à la totalité des demandes de documentation technique du véhicule.

Toutefois, plusieurs enseignements ont été tirés de l'analyse de ces données :

- la vitesse diminue très faiblement sur les cinq dernières secondes, passant de 41 km/h à 34 km/h au moment du choc ;
- l'absence de sollicitation par la conductrice de l'accélérateur ou du système de freinage pendant ces cinq secondes ;
- l'analyse du régime moteur menée dans le cadre de l'expertise judiciaire conduit à considérer que la conductrice n'a pas changé la vitesse sélectionnée¹² ;
- plusieurs actions sur le volant du véhicule ont été menées pour inscrire celui-ci dans le virage puis pour le remettre dans l'axe de la route au droit du PN ;
- le système de freinage automatique d'urgence du VL ne s'est pas déclenché ;
- la collision s'est produite alors que le VL roulait à une vitesse de 34 km/h ;
- les équipements de sécurité passive du VL, notamment les airbags et les prétensionneurs des ceintures de sécurité se sont déclenchés.

Chronologiquement, la cinématique peut être représentée comme suit :

À T0 - 5 secondes :

Aucune action d'accélération ou de freinage n'est enregistrée pour le VL.

Le VL circule à 41 km/h et se situe à 51 mètres du point de choc. Il est dans l'axe du feu rouge clignotant de gauche, représenté en trait rouge dans la figure suivante.

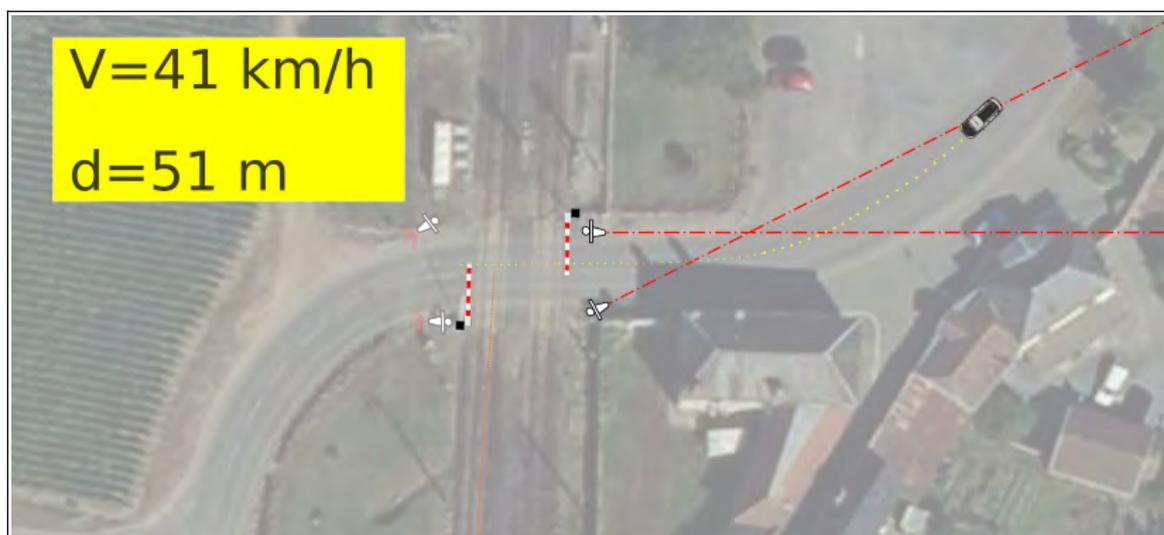


Figure 37 : illustration de la reconstitution de la position du VL cinq secondes avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

Nota : pour améliorer la lisibilité, les équipements du PN ont été agrandis sur les figures.

12 L'identification de la quatrième vitesse engagée résulte de la mise en relation des vitesses mesurées par le véhicule pendant les cinq dernières secondes avec les valeurs du régime moteur pendant cette même période.

À **T0 - 4 secondes**, la situation du point de vue du comportement du VL est comparable à la situation précédente. Le VL aborde la fin du virage à droite précédant le PN. Aucune action d'accélération ou de freinage n'est enregistrée pour le VL. Le VL circule à 38 km/h et se situe à 40 mètres du point de choc. La conductrice se trouve dans l'axe des feux rouges clignotants du PN.

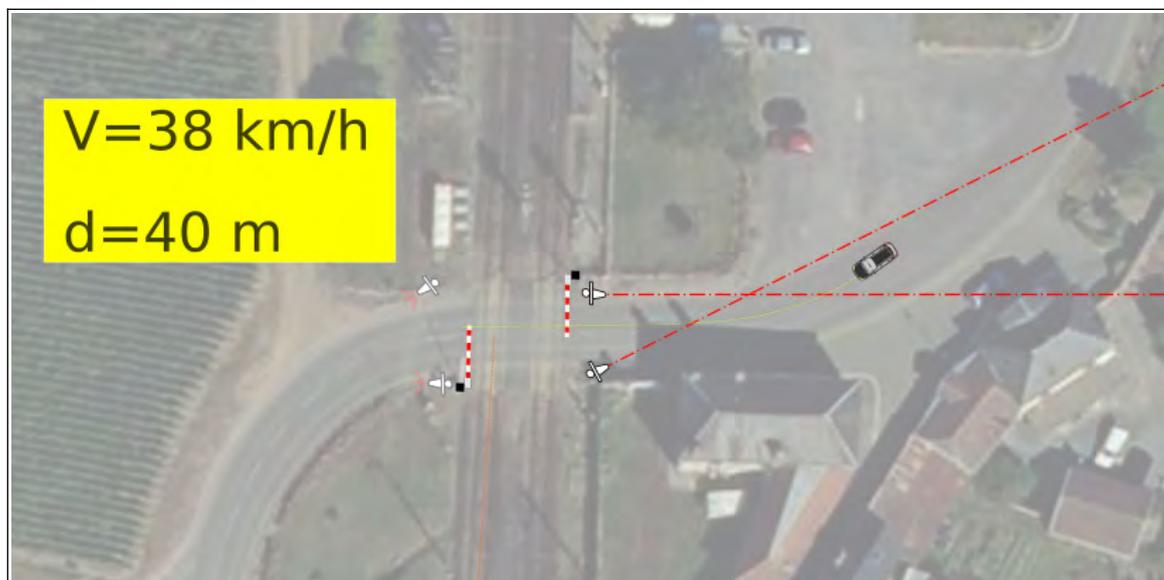


Figure 38 : illustration de la reconstitution de la position du VL quatre secondes avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

À **T0 - 3 secondes**, la conductrice ne ralentit pas malgré la présence supposée dans son champ de vision des feux rouges clignotants et des demi-barrières abaissées. Le VL termine son virage. Le VL circule à 36 km/h et se situe à 29 mètres du point de choc. La conductrice se trouve dans l'axe des feux rouges clignotants du PN. La conductrice du VL ne peut pas détecter le train, masqué par la maison.

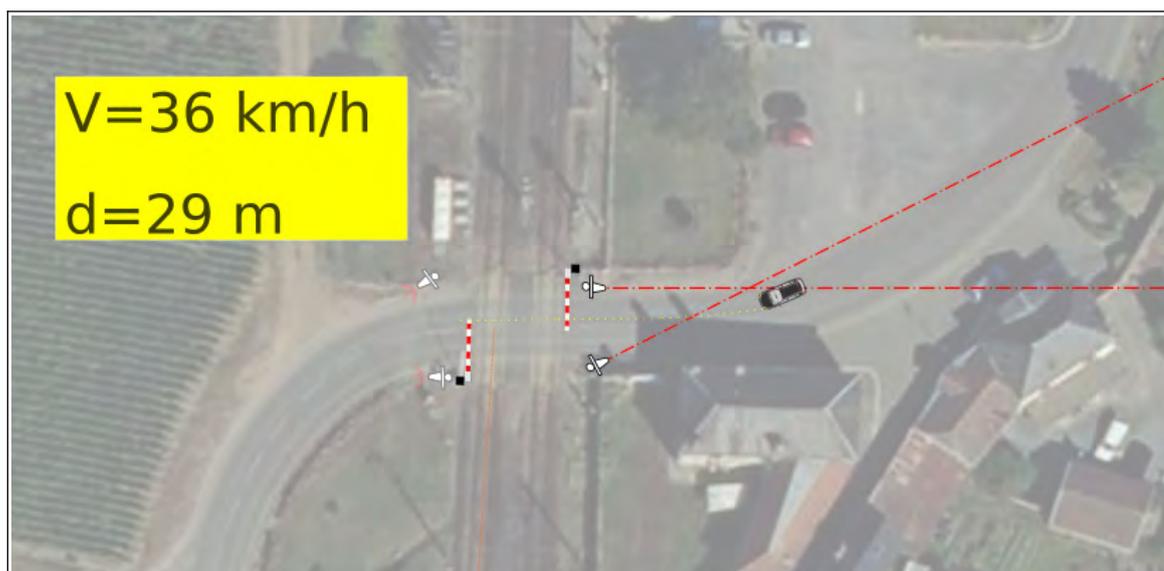


Figure 39 : illustration de la reconstitution de la position du VL trois secondes avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

À **T0 - 2 secondes**, le VL est très proche du PN. Pourtant, aucune action de freinage n'est détectée pour le VL, que ce freinage soit manuel ou automatique. Le VL a quasiment terminé le virage précédant le PN. Le VL circule à 35 km/h et se situe à 19 mètres du point de choc. La conductrice du VL ne peut pas détecter le train approchant, puisque ce dernier est masqué par la maison et le mur d'enceinte du terrain du riverain.

Circulant à la vitesse de 116 km/h, le train se situe à 64 mètres du PN.

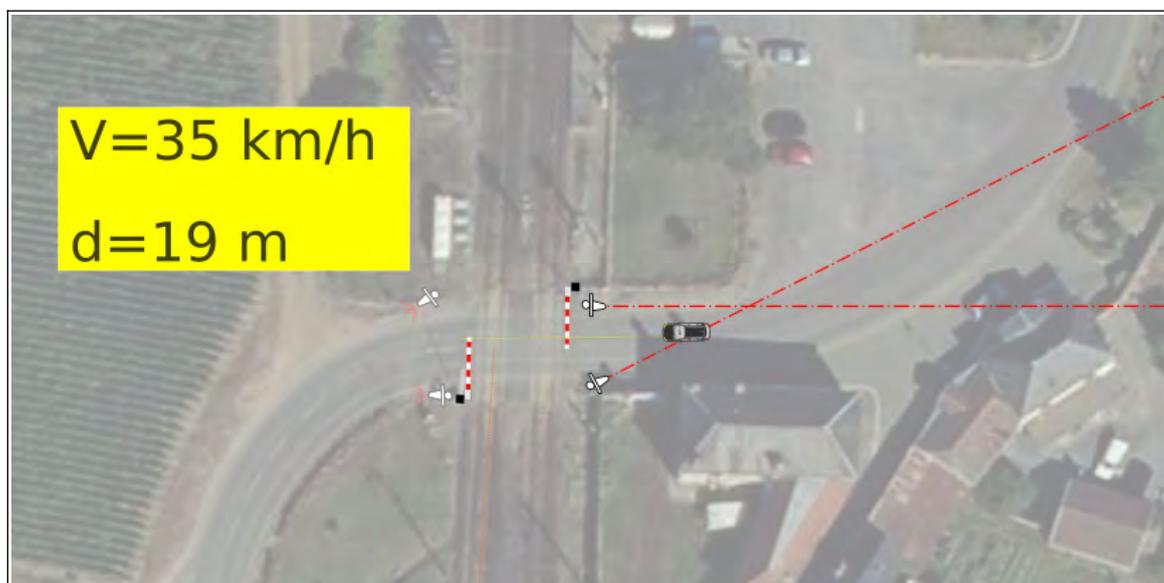


Figure 40 : illustration de la reconstitution de la position du VL deux secondes avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

À **T0 - 1 seconde**, le VL percute la demi-barrière abaissée devant lui (les éléments permettant d'émettre cette hypothèse sur le positionnement de la demi-barrière sont présentés au paragraphe 3.5.1 du rapport), sans ralentir ni accélérer. Le VL circule à 34 km/h et se situe à 9 mètres du point de choc. Le véhicule suit une trajectoire rectiligne. À ce moment, le train est à environ 32 mètres du PN n° 2.

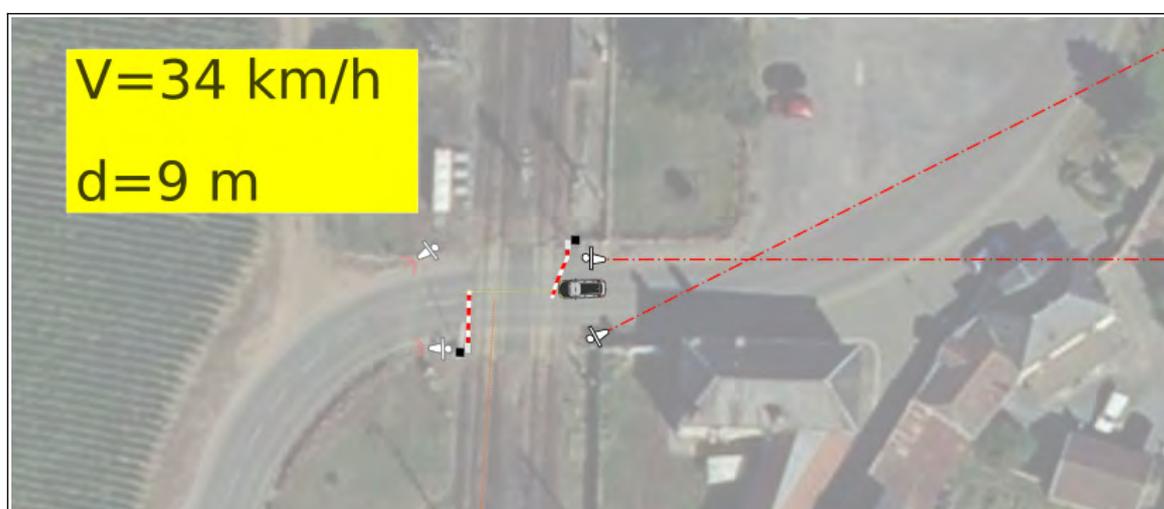


Figure 41 : illustration de la reconstitution de la position du VL une seconde avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

À T0 :

- le VL est à cheval sur les rails de la deuxième voie ;
- le train percute le VL au niveau de la porte arrière gauche ;
- plusieurs éléments de carrosserie du véhicule léger sont restés encastrés dans l'avant de la motrice, notamment la portière arrière gauche.

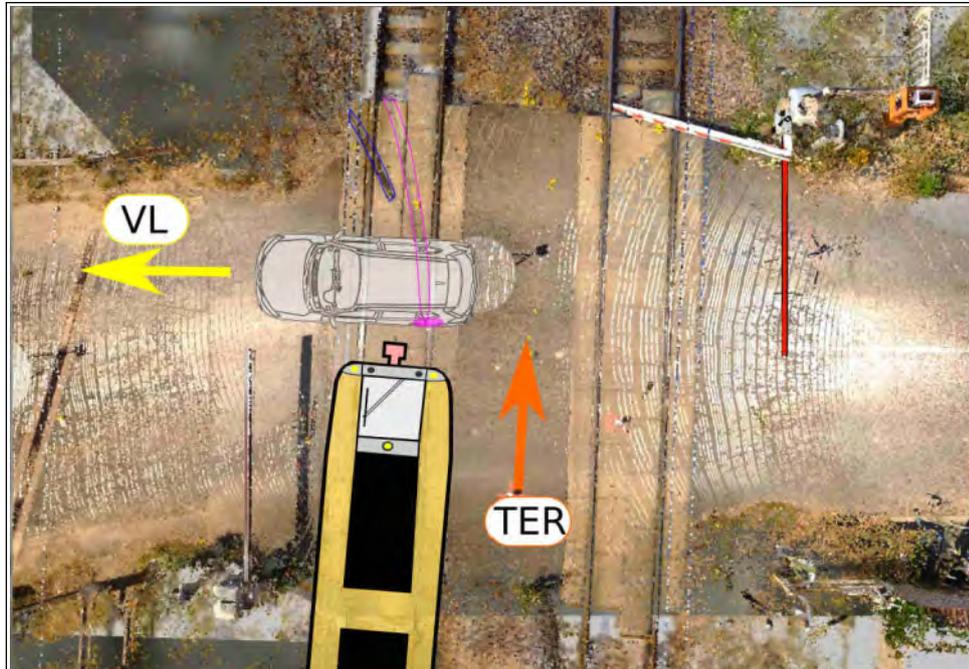


Figure 42 : visualisation de la position du VL et du TER au moment du choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, enrichie par la capture de la scène par l'IRCGN, complétée BEA-TT)

3.4 - Le train express régional et son conducteur

3.4.1 - Les dégâts occasionnés au train

La collision initiale s'est produite entre l'avant du train et le côté gauche du véhicule routier, entraînant de sérieux dégâts sur l'attelage ainsi que sur l'avant de la motrice et sur divers éléments associés : absorbeurs de choc, carénages, feux, circuits électriques et de freinage, etc.



*Figure 43 : vue sur les dégâts sur le nez de la motrice de tête
(photo SNCF)*

Le côté droit du train a été épargné par la collision, sauf au niveau de l'avant de la motrice.



*Figure 44 : vue générale du côté droit de la rame et de la motrice de tête après l'accident
(photo SNCF)*

D'autres chocs ultérieurs ont concerné le côté gauche dans le sens de circulation de la rame, notamment au niveau des portes et de plusieurs baies vitrées qui ont explosé.

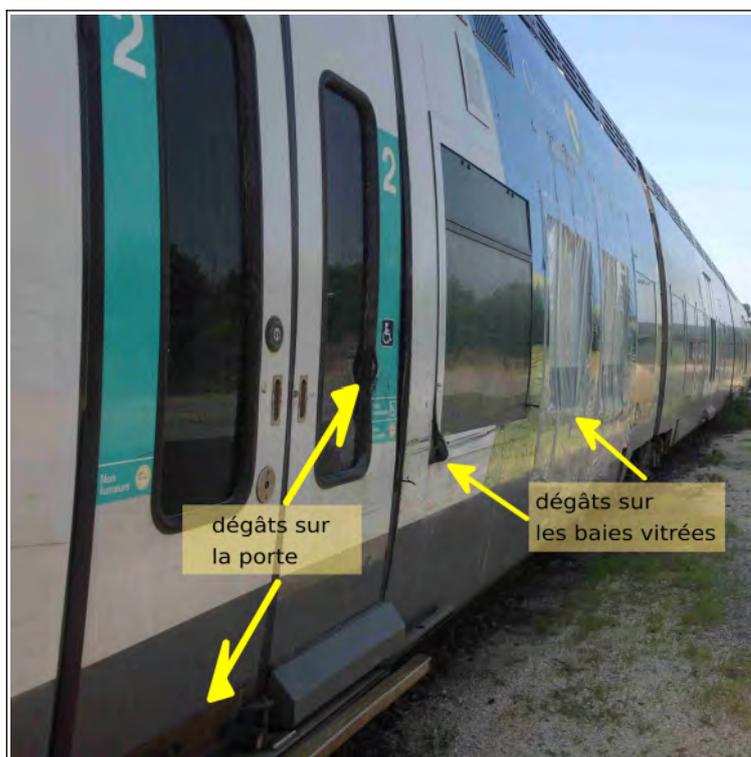


Figure 45 : vue sur les dégâts sur le côté gauche de la rame
(photo SNCF légendée BEA-TT)

L'expertise de la rame n'a identifié aucun indice pouvant conduire à l'élaboration d'un scénario d'accident en lien avec un dysfonctionnement du matériel roulant.

3.4.2 - Le conducteur du train

Le conducteur du TER exerçait ce métier depuis près de 15 ans. Il connaissait cette ligne ferroviaire et le matériel impliqué dans l'accident depuis près de sept ans. Il était titulaire des autorisations de conduite obligatoires. Sa licence de circulation avait été renouvelée le 7 juillet 2017 et était valable jusqu'au 6 juillet 2027.

Le jour de l'accident, le conducteur a pris son service à 4 h 54. Il a assuré la conduite des trains de Charleville-Mézières à Reims, puis de Reims à Épernay avec le matériel impliqué dans l'accident avant de débiter le trajet d'Épernay à Reims.

Les dépistages relatifs à l'alcoolémie et la prise de produits stupéfiants se sont révélés négatifs.

3.4.3 - Le trajet d'approche du train

Le trajet n° 839 945 a débuté à Épernay en quittant la gare à 9 h 39, heure programmée du départ. Le train circulait ensuite à l'heure.

La rame disposait d'un outil indiquant à l'agent de conduite la liste et les horaires des gares desservies. Il a été vérifié que la gare d'Avenay-Val d'Or ne devait pas être desservie par le train n° 839 945 qui devait arriver à Reims à 10 h 05.



Figure 46 : illustration (en orange) du trajet prévu du train n° 839 945
(fond de plan Géoportail-IGN, légendé BEA-TT)

3.4.4 - L'analyse de l'enregistreur ATESS

Le poste de conduite du TER n° 839 945 comportait un outil d'enregistrement ATESS dont la résolution en distance est de 10 mètres et la résolution en temps est de 2 secondes.

L'analyse de l'enregistreur permet d'identifier :

- une vitesse d'approche du PN n° 2 de 116 km/h (inférieure à 120 km/h, vitesse maximale autorisée) ;
- l'utilisation du bouton-poussoir pour activer le freinage d'urgence (FU) à 9 h 45 min 26 s avec une vitesse de circulation de 116 km/h ;
- le passage au PK 148+381 (au droit du PN) à 9 h 45 min 27 s ;
- l'activation du signal d'alerte lumineux (SAL) à 9 h 45 min 28 s ;
- l'activation du signal d'alerte radio (SAR) à 9 h 45 min 30 s ;
- l'arrêt de la rame sur une distance de 450 mètres à 9 h 45 min 50 s.

Le freinage d'urgence de la rame n° 839 945 a donc permis à ce train de s'arrêter 24 secondes après son activation et sur une distance de 450 mètres.

Cette distance de freinage d'urgence est cohérente avec les performances attendues de ce matériel roulant.

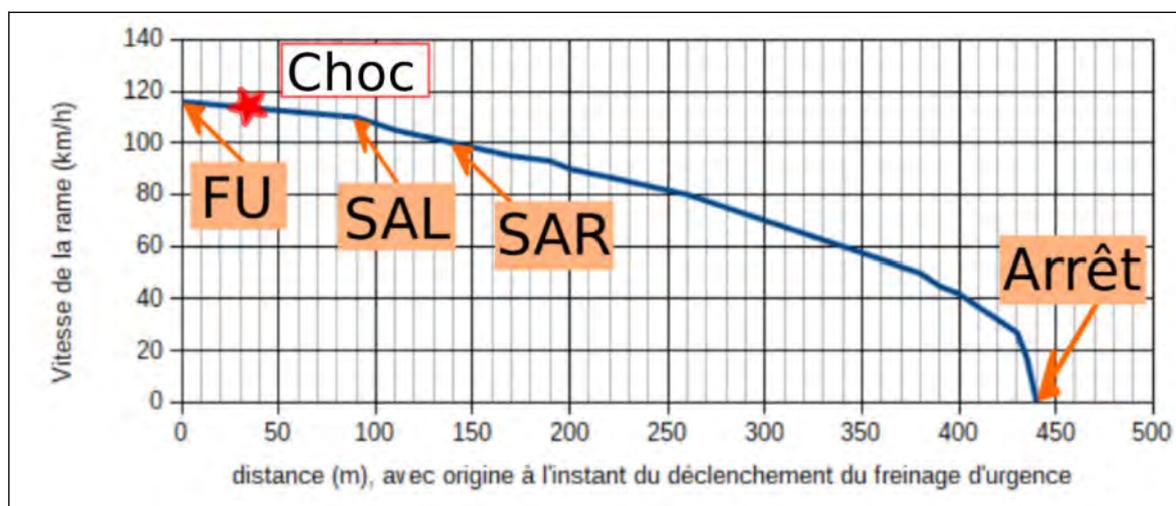


Figure 47 : visuel de la courbe ATESS (en bleu)

Ces données doivent être interprétées en gardant à l'esprit les éléments suivants :

- la précision temporelle de l'enregistrement est de 2 secondes. Cet intervalle ne permet pas d'affirmer si le FU a été activé avant l'arrivée sur le PN, sur le PN ou juste après le PN ;
- compte tenu de la configuration des lieux, l'agent de conduite du train n'a eu qu'une fraction de seconde pour voir le VL avant le choc ;
- à partir de cette détection visuelle, il peut être admis que l'agent de conduite a eu besoin d'un court temps de réaction avant de déclencher le FU ;
- le matériel roulant, à partir de la commande du déclenchement du freinage d'urgence par l'agent de conduite, a besoin d'un temps de réponse de l'ordre d'une seconde avant que les freins n'atteignent leur performance maximale de freinage.

Compte tenu de la vitesse d'impact et de la configuration du choc, le BEA-TT prend donc l'hypothèse que le FU a été déclenché très peu de temps avant la collision.

3.4.5 - La reconstruction cinématique du déplacement du TER avant/après le choc.

Le conducteur du train n'a pu apercevoir le VL qu'une seconde avant l'impact.

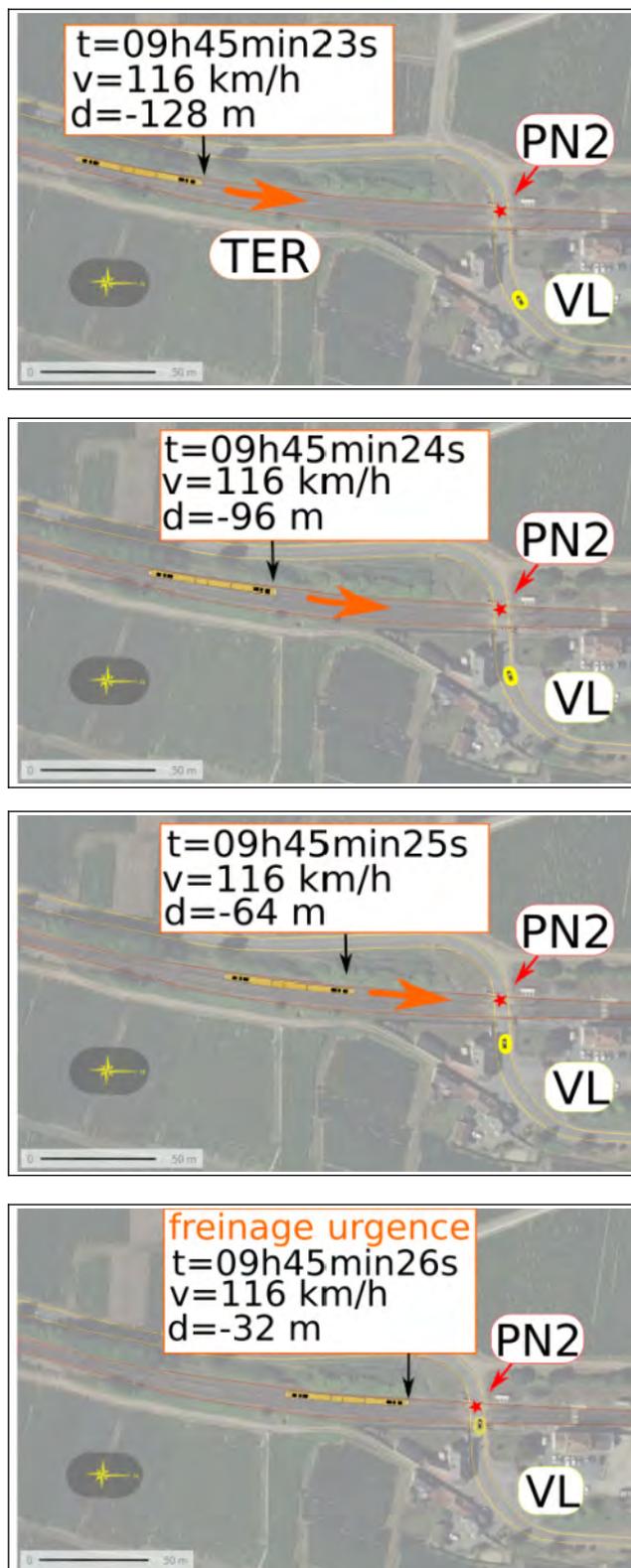


Figure 48 : reconstruction chronologique pour le TER des quatre secondes précédant le choc

Après l'accident survenu à 9 h 45 min 27 s selon le référentiel temporel du train, le conducteur du train a activé l'alerte lumineuse et l'alerte radio, respectivement une seconde et trois secondes après le choc.

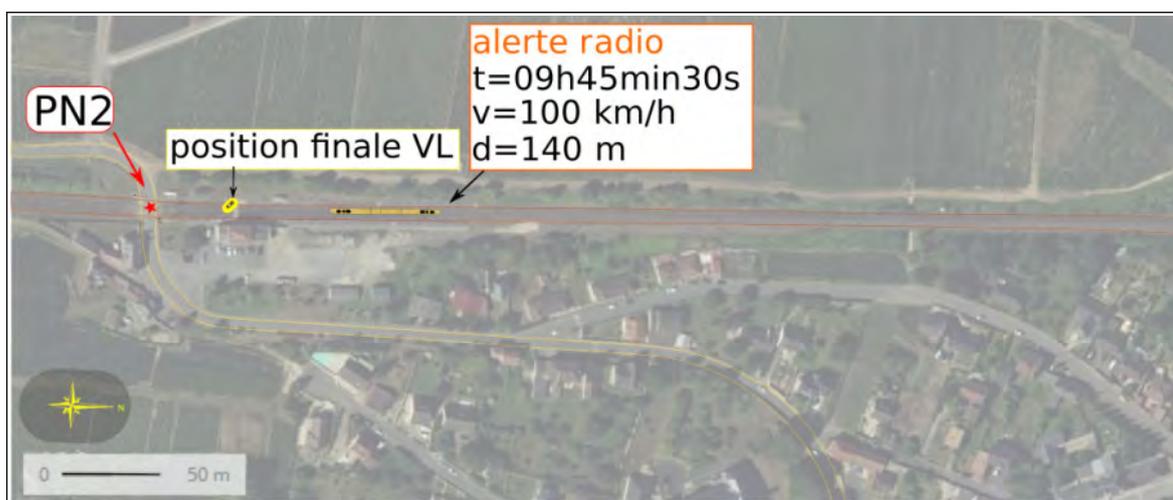


Figure 49 : reconstruction chronologique pour le TER des 23 secondes après le choc

3.5 - L'approfondissement sur le passage à niveau

3.5.1 - La demi-barrière heurtée

Les premières personnes arrivant sur les lieux après le choc décrivent une situation où le support de la lisse de la demi-barrière (en jaune sur la photo suivante) n'était pas à l'horizontale. La lisse était pliée en direction des voies ferrées comme le montre l'illustration suivante.



Figure 50 : état de la lisse de la demi-barrière accidentée
(photo Gendarmerie nationale, légendée BEA-TT)

Rappel du fonctionnement nominal d'une demi-barrière

Le schéma de la figure suivante présente les divers équipements d'une demi-barrière.

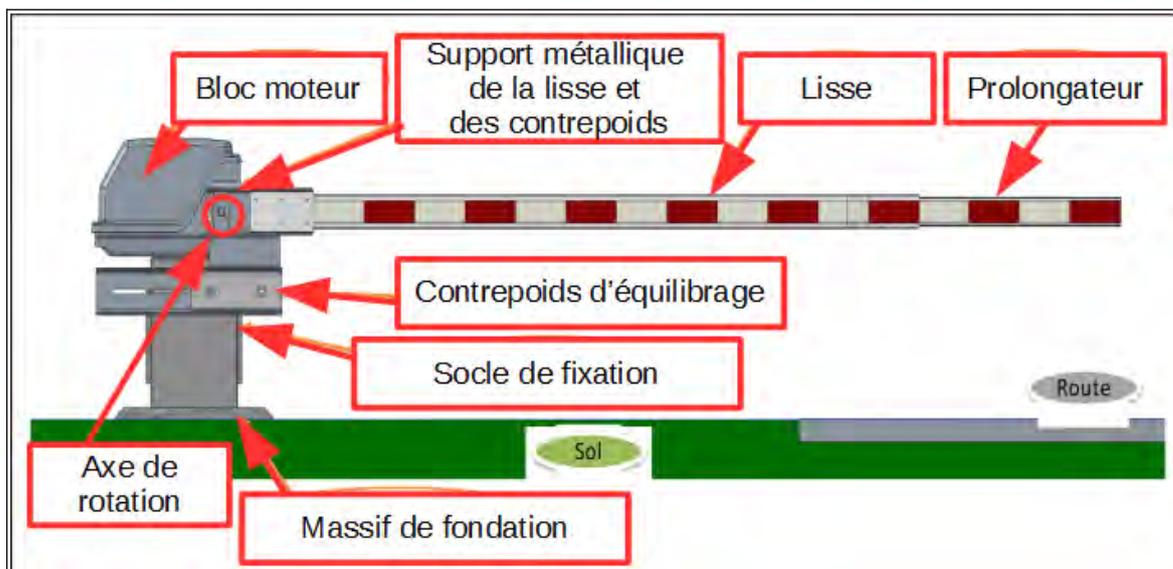


Figure 51 : schéma de principe d'une demi-barrière en position fermée
(source BEA-TT)

Les demi-barrières du PN n° 2 ne comportent pas de prolongateur.

La lisse est constituée de fibres de verre entrelacées recouvertes de peinture blanche. Elle comporte un film rétro-réfléchissant composé de bandes de longueur de 250 mm de couleur alternativement rouge et blanche sur ses faces avant et arrière.

Lorsque la demi-barrière est abaissée en prévision du passage d'un train, le bord inférieur de la lisse remplacée après l'accident a été mesuré à une hauteur de 800 mm par rapport à la route.

La lisse est fixée sur un support solidaire d'un axe de rotation entraîné par un moteur électrique. Ce moteur permet l'abaissement et le relevage de la demi-barrière.

Des contrepoids équilibrent l'ensemble. Ils sont ajustés pour qu'une force verticale de 5 daN¹³ appliquée à une distance de trois mètres par rapport à l'axe de rotation soit nécessaire pour soulever la lisse.

Cette dernière est conçue pour être déformée voire cassée facilement par un véhicule en détresse. Les prescriptions relatives à cet équipement indiquent une valeur d'effort à son extrémité de 80 daN (+ ou - 15 daN) au-delà de laquelle la lisse doit se plier sans pouvoir revenir dans sa position initiale. Le VL impliqué, avec sa masse et roulant à 34 km/h, possède une énergie suffisante pour engendrer un effort sur la lisse entraînant sa pliure.

Analyse de la position observée après l'accident

La lisse était pliée de la route vers la voie ferrée. Il en résulte une diminution du couple que cet équipement exerçait sur l'axe du moteur électrique, puisqu'une partie s'en est rapprochée.

L'alimentation électrique du moteur a été détériorée suite à l'accident.

Le système constitué de la lisse déformée et des contrepoids a donc trouvé une nouvelle position d'équilibre dans laquelle le support de la lisse n'était plus à l'horizontale mais légèrement relevé vers le haut (voir figure 50 ci-avant).

Le VL a-t-il percuté la lisse ?

Les enquêteurs du BEA-TT ont voulu savoir si le VL impliqué dans l'accident avait effectivement heurté la lisse de la demi-barrière, ou si celle-ci aurait pu être heurtée par un véhicule précédant le VL impliqué.

Les deux expertises réalisées par le laboratoire de l'institut de recherche criminelle de la Gendarmerie nationale (IRCGN) apportent les éléments suivants.

13 Une force de 5 daN correspond au poids d'une masse d'environ 5 kg

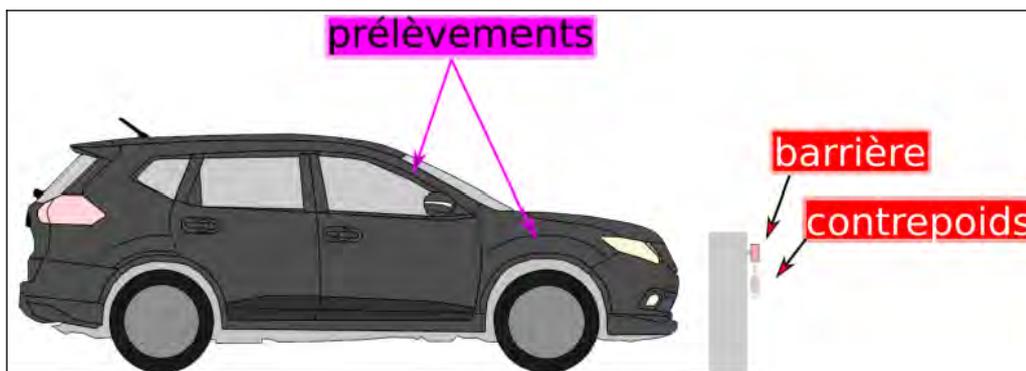


Figure 52 : schéma illustrant le choc de la lisse par le VL et l'emplacement des échantillons prélevés
(dessin BEA-TT)

La première expertise comparait d'une part des échantillons de peinture prélevés sur l'aile avant droite et le montant avant droit du VL et d'autre part des traces noires relevées sur la lisse. Le rapport de l'IRCGN précise que cette comparaison ne permet pas de conclure que les traces noires portées par le fragment de barrière proviennent du VL impliqué dans l'accident.

La deuxième analyse comparait des échantillons de fibres prélevées sur l'aile avant droite du VL impliqué par rapport à des fibres constituant le matériau composite de la lisse. Le rapport de l'IRCGN précise que cette comparaison permet de conclure que la fibre prélevée sur le VL impliqué n'est pas différente d'une fibre de verre constituant le matériau composite de la lisse de la demi-barrière.

Au vu des éléments indiqués, les enquêteurs du BEA-TT prennent l'hypothèse que la lisse a été heurtée par le VL impliqué dans l'accident.

La demi-barrière était-elle en position basse lorsque le VL l'a percutée ?

Les enquêteurs du BEA-TT rappellent que l'absence de système d'enregistrement du fonctionnement ou de la position de la demi-barrière ne permet pas de savoir si la demi-barrière s'est abaissée en respectant les séquences nominales de fermeture du PN ou si l'abaissement s'est produit peu avant l'arrivée du train (retard à la fermeture). Toutefois, l'analyse du fonctionnement du système n'a fourni aucun indice sur un dysfonctionnement de l'allumage des feux rouges clignotants, qui réglementairement sont les seuls signaux imposant l'arrêt du VL au PN.

Des mesures ont été effectuées par l'expert judiciaire sur un véhicule similaire à celui impliqué dans l'accident. En particulier, ce type de véhicule possède un écusson devant la calandre qui est positionné à la même hauteur que la lisse de la demi-barrière en position basse (800 mm par rapport au sol). Or, le jour de l'accident, l'écusson du VL impliqué a été retrouvé au pied de la demi-barrière heurtée, loin des autres éléments du VL accidenté et situés à plusieurs mètres du choc entre le VL et le train.

De plus, la position basse de l'autre demi-barrière du PN peut être prouvée au moment du choc grâce à l'analyse des images prises par les caméras de vidéo protection à l'intérieur du train. Cette vidéo ne permet pas de visualiser le VL approchant le PN, ni le VL heurtant la demi-barrière, ni le choc avec le train. Toutefois il est possible de distinguer à travers les vitres des portes palières du côté gauche du train que la demi-barrière positionnée de l'autre côté du PN par rapport au sens de circulation du VL était en position basse comme le montre l'image suivante.



Figure 53 : image extraite des données du système de vidéo-protection de la rame TER
(source SNCF, légendée BEA-TT)

Sachant que les deux demi-barrières ont une alimentation électrique commune, l'hypothèse privilégiée est que la demi-barrière heurtée par le VL était en position horizontale.

3.5.2 - L'approfondissement sur le fonctionnement du PN dans les minutes entourant le choc

Une expertise judiciaire a été réalisée sur le fonctionnement des équipements du PN.

Recherche des indices d'un éventuel dysfonctionnement des installations avant le choc

Les analyses des équipements non détruits situés dans la guérite, au niveau des pédales d'annonce et au niveau du moteur de la demi-barrière heurtée n'ont pas permis d'identifier le moindre indice d'un dysfonctionnement du PN n° 2 avant l'accident.

Au moins un témoignage recueilli par les enquêteurs de la Gendarmerie nationale indique qu'un quart d'heure avant l'accident, le PN était correctement en position ouverte (demi-barrières en position haute, feux et sonnerie éteints). Après avoir examiné les circulations ferroviaires le jour de l'accident, les enquêteurs du BEA-TT ont noté que le dernier train (n° 839 901) avant le train (n° 839 945) impliqué dans l'accident avait circulé sur le PN près d'une heure avant la collision. Le témoignage ainsi recueilli se situe temporellement entre les deux circulations ferroviaires.

Au moins un témoignage recueilli par les enquêteurs de la Gendarmerie nationale indique que la sonnerie du PN a retenti avant le choc.

L'analyse du fonctionnement du système n'a fourni aucun indice sur un dysfonctionnement de l'allumage des feux rouges clignotants.

Au vu des éléments indiqués, les enquêteurs du BEA-TT privilégient l'hypothèse que le PN a correctement fonctionné avant le choc.

Les dégâts suite au choc des installations du PN

L'examen des dégâts des infrastructures ferroviaires s'est porté principalement sur deux volets.



Figure 54 : visualisation des accumulateurs heurtés par le véhicule suite au choc
(photo SNCF, légendée BEA-TT)

Volet 1 : pourquoi le PN ne s'est-il pas ouvert après le passage du train ?

Comme indiqué précédemment dans le rapport (voir § 2.6.7), le passage du train au-delà du PN entraîne l'ouverture des demi-barrières et l'extinction des feux rouges clignotants.

Or il a été constaté que les demi-barrières sont restées en position basse, et que les feux rouges ont été pendant une vingtaine de minutes éteints, puis ont clignoté et finalement sont restés allumés en continu (voir § 3.1.2).

Le VL, dans sa trajectoire post collision, a percuté des équipements de l'installation du PN. Il a notamment détruit les abris à accumulateurs et a arraché de nombreux câbles d'alimentation électrique et de transmission de données entre les divers équipements dont ceux dédiés à l'ouverture des demi-barrières du PN.

Ainsi, l'information que le train avait libéré le PN n'a pas pu être transmise. Le PN a donc été maintenu fermé après l'accident.

Volet 2 : quelles ont été les conséquences des dégâts sur les systèmes d'alimentation électrique et de transmission de données après l'accident ?

Au moins un témoignage recueilli par les enquêteurs de la Gendarmerie nationale indique que plusieurs minutes avant l'accident, les demi-barrières étaient en position haute et que les feux et les sonneries étaient éteints.

Le schéma ci-dessous expose de manière simplifiée le principe de fonctionnement du circuit d'alimentation électrique des équipements du passage à niveau.

À noter que la tension électrique subit des modifications afin d'obtenir :

- d'une part du **courant 24 V** continu qui va alimenter les feux rouges clignotants, mais aussi les moteurs des demi-barrières ;
- d'autre part du **courant 8 V** continu qui va alimenter les sonneries et les installations du PN à l'intérieur de la guérite.

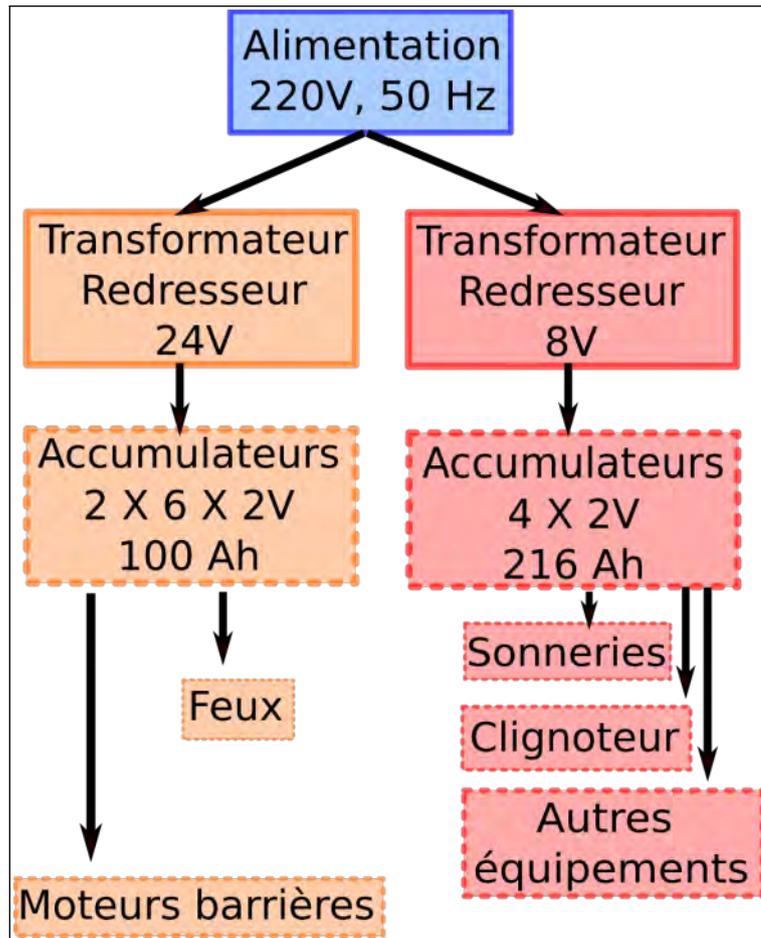


Figure 55 : schéma de principe du circuit d'alimentation électrique en fonctionnement nominal



Figure 56 : vues des accumulateurs 24 V (photo de gauche) et 8 V (photo de droite) remplacés après l'accident (photos BEA-TT)

Le **circuit d'alimentation en 8 V** a été détruit. Les accumulateurs et tous les câbles qui les reliaient au reste des installations se sont retrouvés plusieurs mètres en aval de leur position initiale.

Les installations du PN se sont donc retrouvées privées d'alimentation en 8 V. En particulier, le clignoteur qui servait à assurer le clignotement des feux rouges du PN n'était plus alimenté.



Figure 57 : illustration des dégâts sur le circuit d'alimentation 8 V suite à l'accident
(photo BEA-TT)

Quant au **circuit d'alimentation en 24 V**, celui-ci a été détérioré, sans être totalement détruit. L'illustration suivante montre que les câbles reliant les bornes des accumulateurs au transformateur-redresseur de la guérite sont demeurés connectés après le choc.



Figure 58 : illustration des dégâts sur le circuit d'alimentation 24 V
(photo SNCF, légendée BEA-TT)

Le déroulement chronologique suivant peut alors s'envisager.

Dans **un premier temps**, l'acide contenu dans les accumulateurs éventrés s'est répandu au niveau de ces câbles, entraînant possiblement simultanément une mise à la terre de certains et une perte de tension pour d'autres.

Les niveaux de tension et d'intensité nécessaires n'étant plus fournis aux équipements du PN, une des conséquences a été l'interruption d'alimentation en 24 V des feux rouges clignotants (représentée par des flèches rouges sur le schéma).

Ceci est cohérent avec les constatations réalisées vers 10 h 10 de feux éteints.

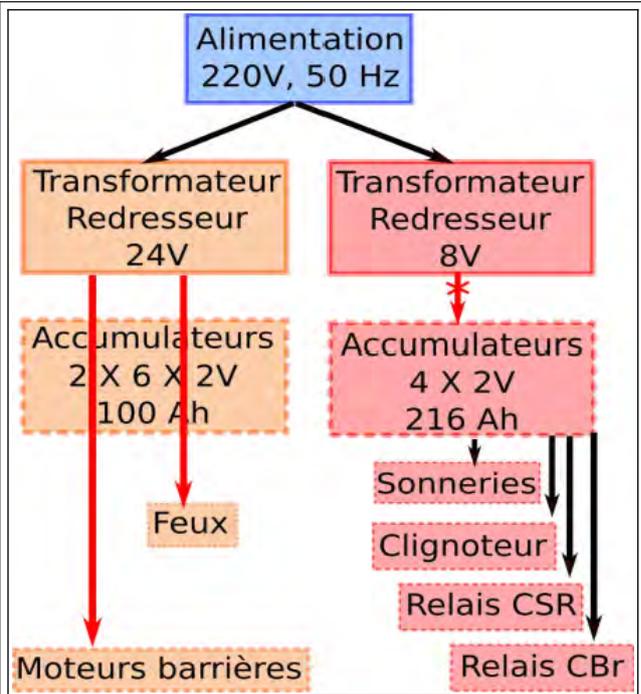


schéma de principe du circuit d'alimentation électrique en fonctionnement post accident - phase 1 (coupure 8 V et coupure 24 V)

Dans **un second temps**, le circuit d'alimentation retrouve ponctuellement son isolement par rapport à la terre.

Les feux sont alimentés de manière intermittente (représentée par une flèche orange sur le schéma) malgré l'absence de fonctionnement du clignoteur alimenté en 8 V.

Ceci correspond à la deuxième phase des constatations entre 10 h 10 et 10 h 30 avec des feux qui ont commencé à clignoter sans action humaine sur les installations ferroviaires.

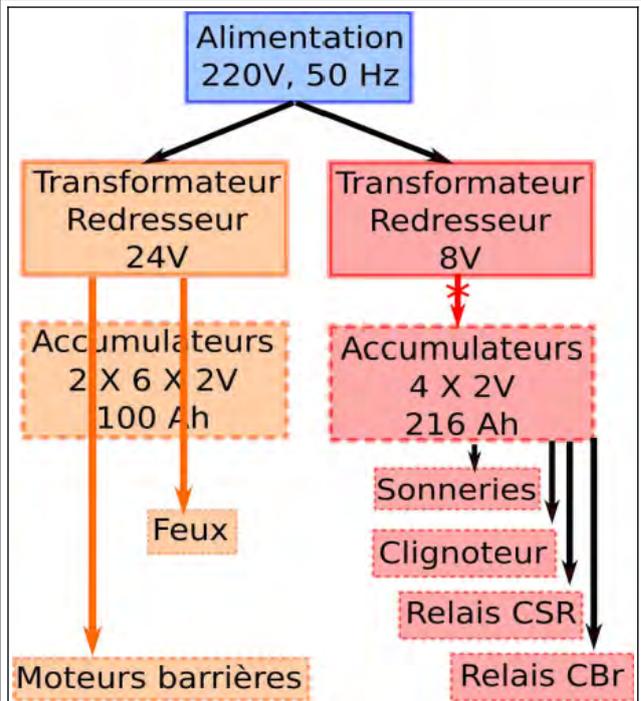


schéma de principe du circuit d'alimentation électrique en fonctionnement post accident - phase 2 (coupure 8 V et alimentation non stable en 24 V)

Dans **un troisième temps**, le circuit d'alimentation 24 V délivre un courant stable (représentation par une flèche verte) aux feux qui sont au rouge fixe, puisque le clignoteur n'est toujours pas alimenté en 8 V (représentation par une flèche rouge).

Ceci correspond à la troisième phase des constatations à partir de 10 h 30 de feux au rouge fixe.

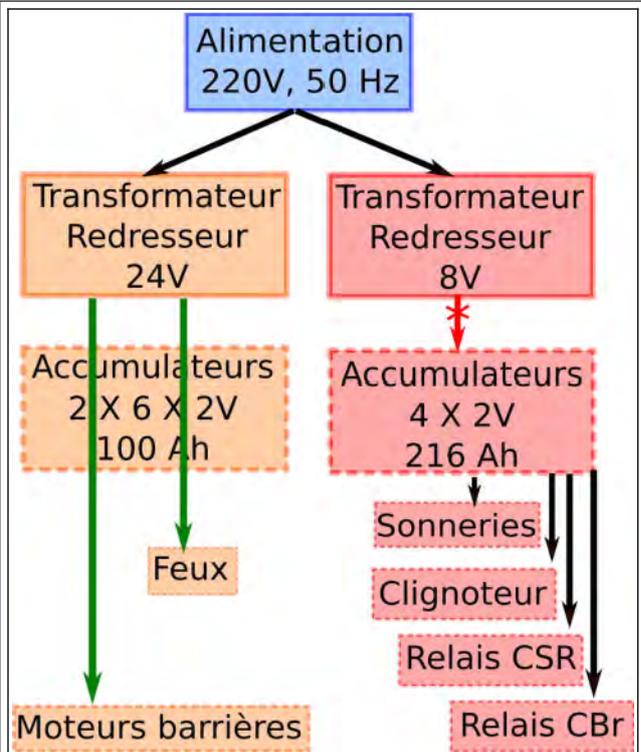


schéma de principe du circuit d'alimentation électrique en fonctionnement post accident - phase 3 (coupure 8 V et alimentation stable en 24 V)

4 - L'analyse du déroulement de l'accident et de l'intervention des secours

4.1 - Le déroulement de l'accident

La conductrice du véhicule léger de marque NISSAN et de type X-TRAIL effectuait un trajet entre Avenay-Val d'Or et Ay-Champagne d'une longueur de six kilomètres, et d'une durée théorique de l'ordre de dix minutes.

Accompagnée de sa fille assise à l'avant du véhicule et de deux autres enfants assis à l'arrière, la conductrice et les trois autres occupants portaient leur dispositif de sécurité.

La conductrice, comme elle le faisait régulièrement, se rendait à une réunion d'assistantes maternelles. Elle connaissait l'itinéraire et n'était pas en retard à son rendez-vous.

Les relevés des opérateurs téléphoniques indiquent qu'elle n'était pas en communication téléphonique avant la collision.

Alors que les deux demi-barrières du PN étaient en position basse et que les feux rouges clignotaient, le VL débutait la montée puis s'engageait dans le virage précédant le PN.

Le TER, qui avait quitté la gare d'Épernay neuf minutes plus tôt, roulait à une vitesse de 116 km/h à l'approche du PN.

Deux secondes avant le choc, alors que les demi-barrières sont baissées et que les feux rouges clignotent, elle ne ralentit pas son véhicule.

Une maison et son mur d'enceinte situés à proximité du PN empêchent toute visibilité réciproque entre la conductrice du VL et l'agent de conduite du TER.

Le TER en sortie de courbe à gauche approche du PN à une vitesse de 116 km/h.

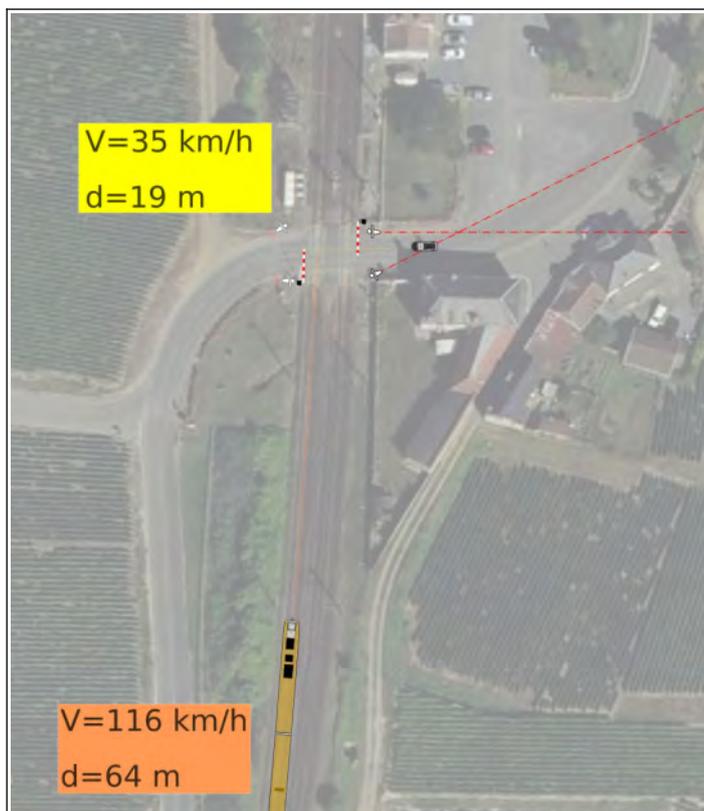


Figure 59 : visualisation de la situation deux secondes avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

Une seconde avant le choc, alors que les demi-barrières sont baissées et que les feux rouges clignotent, le VL percute la lisse de la demi-barrière abaissée devant lui et roule sur le platelage à une vitesse quasi-constante de 34 km/h.

L'agent de conduite du train aperçoit le VL rouler de la droite vers la gauche sur le PN à environ une trentaine de mètres devant lui.

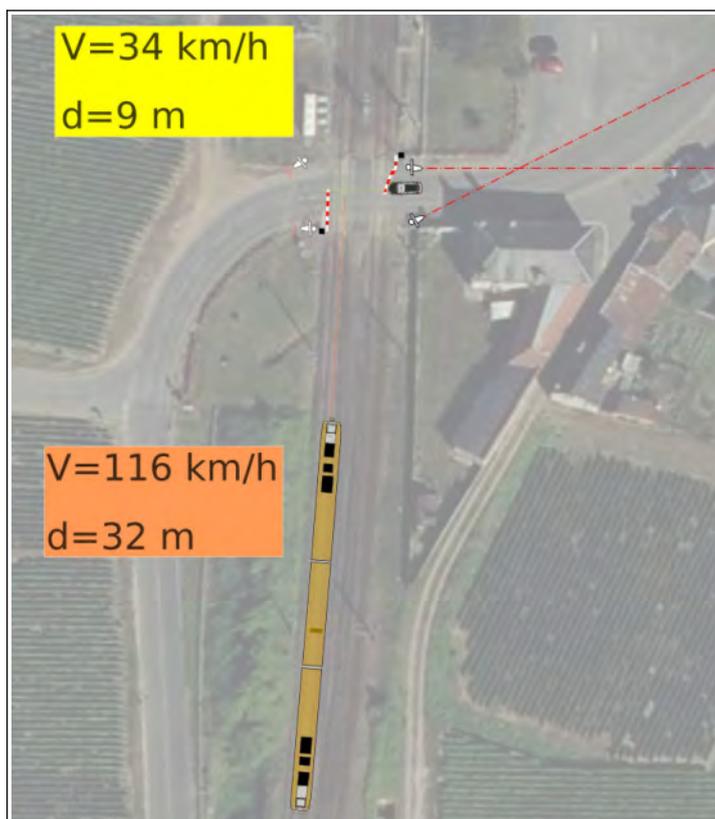


Figure 60 : visualisation de la situation une seconde avant le choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, complétée BEA-TT)

Une seconde plus tard, le conducteur du train a déclenché le freinage d'urgence.

Le train percute violemment le véhicule léger sur le côté gauche de ce dernier, au niveau de la portière arrière.

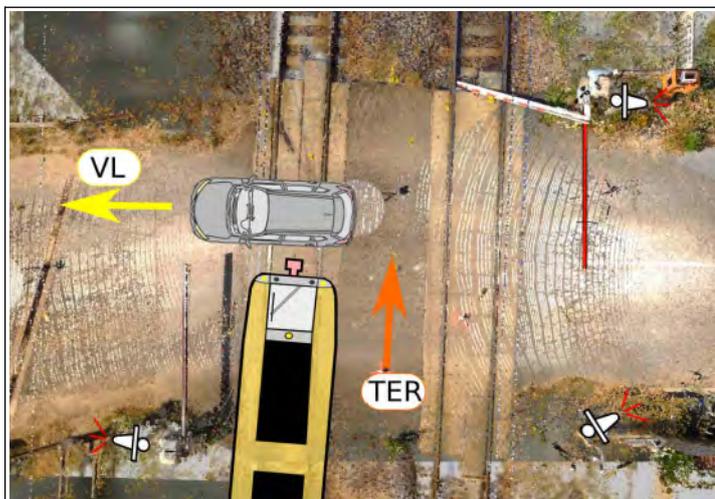


Figure 61 : visualisation de la situation au moment du choc
(vue aérienne Géoportail-IGN, scène captée IRCGN, complétée BEA-TT)

Quelques secondes plus tard, l'alerte lumineuse et l'alerte radio ont été lancées par l'agent de conduite du train qui s'est arrêté 450 mètres après le PN.

Le véhicule léger a été projeté à près de 40 m en aval du PN, percutant de nombreux équipements ferroviaires dont les accumulateurs et leurs caisses de protection installés le long des voies ferrées.

Dans ce mouvement postérieur au premier choc, le VL a heurté une nouvelle fois le train au niveau du côté gauche de la rame, brisant plusieurs baies vitrées.

Le VL s'est finalement immobilisé au niveau des quais de la gare d'Avenay-Val d'Or.

4.2 - L'alerte et l'organisation des secours

Les secours ont été appelés immédiatement après l'accident par plusieurs témoins et par l'agent de conduite du train.

Les pompiers de plusieurs centres de secours, le SAMU et les gendarmes des brigades territoriales et des brigades motorisées se sont rapidement rendus sur place. Par la suite, des enquêteurs de la section de recherche de Reims et des techniciens en identification criminelle et de l'IRCGN les ont rejoints. Plus d'une centaine de personnes au total ont participé aux opérations.

Les secours ont constaté le décès des quatre occupants du véhicule. Deux étaient incarcérés et deux ont été éjectés. Quatre passagers du train étaient légèrement blessés.

L'alimentation électrique de la voie a ensuite été coupée pour faciliter l'intervention des secours. La circulation ferroviaire a été interrompue dans les deux sens de circulation.

Les passagers du train ont été conduits dans une salle municipale et à l'Hôtel de ville, et ont été pris en charge par les secours et notamment la cellule d'urgence médico-psychologique du SAMU.

Certains passagers ont terminé leur voyage en autocar dans l'après-midi.

5 - L'analyse des causes et des facteurs associés, les orientations préventives

5.1 - Le schéma des causes et des facteurs associés

Les investigations conduites permettent d'établir le schéma ci-après qui synthétise le déroulement de l'accident et en identifie les causes et les facteurs associés.

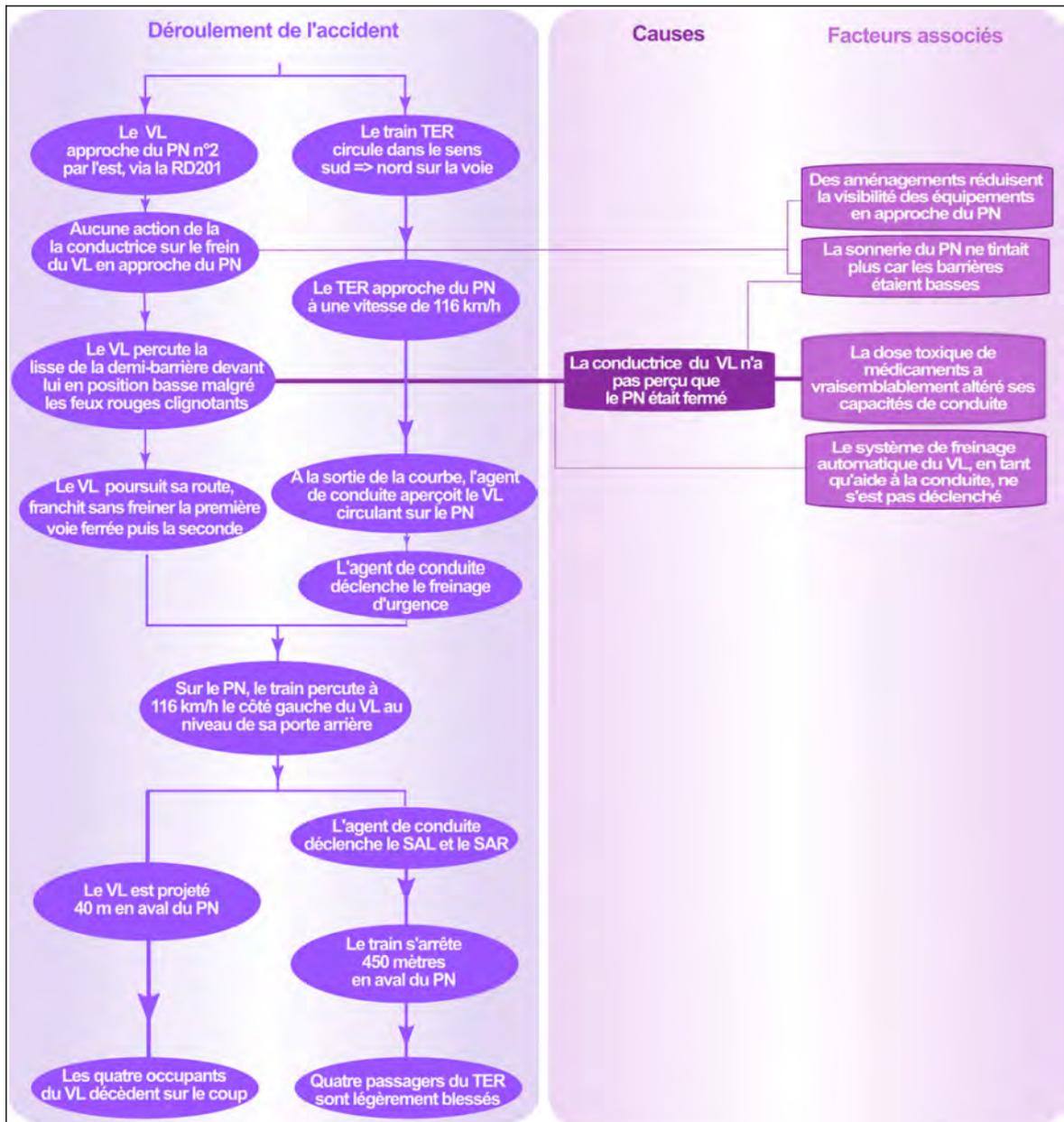


Figure 62 : schéma des causes et des facteurs associés

5.2 - Les causes de l'accident

Les expertises réalisées sur le véhicule léger, sur le train et sur les équipements du PN n'ont révélé aucun indice pouvant conduire à considérer qu'un problème technique ait pu être la cause ou un facteur de la survenance de cet accident. L'agent de conduite du train a respecté l'ensemble des procédures lors des phases de conduite et en cas d'accident.

La cause directe de l'accident est le non-arrêt du véhicule léger au passage à niveau alors que la signalisation l'imposait.

La signalisation d'approche, basée sur un panneau de danger placé à 150 m du PN n° 2 dont la distance est rappelée par deux balises J10 n'est pas en cause. Cette signalisation indique la présence d'un passage à niveau, et non son état. L'article 109-2 de l'IISR relatif aux feux de circulation permanents souligne d'ailleurs que le passage à niveau est un obstacle intermittent.

À l'approche d'un passage à niveau, les automobilistes doivent adapter leur vitesse et faire preuve de toute l'attention nécessaire pour, le cas échéant, voir le clignotement des feux rouges dès leur déclenchement afin de pouvoir s'arrêter.

La conductrice, habitant la commune, connaissait l'existence de ce passage à niveau, car elle l'empruntait régulièrement. La vitesse d'approche du VL était adaptée. Cependant, à aucun moment durant les cinq dernières secondes avant la collision, soit sur une distance de 50 mètres en amont du PN, la conductrice n'a agi sur les commandes de frein ou rétrogradé. Ce véhicule, bien que disposant d'un système de freinage automatique, a percuté la lisse de la demi-barrière en position basse devant lui.

L'hypothèse d'un franchissement volontaire du PN dans le cadre d'une démarche suicidaire peut être écartée compte tenu des données de vitesse extraites du VL et de la présence des bâtiments au droit du PN empêchant toute vision directe sur le train en approche.

À l'issue des investigations, le BEA-TT considère que le scénario le plus probable est que la conductrice n'a pas perçu l'état fermé du passage à niveau malgré la signalisation en place.

Les quantités des principes actifs des antidépresseurs trouvées dans l'organisme de la conductrice dépassaient de beaucoup la dose thérapeutique. Les enquêteurs du BEA-TT considèrent que ses capacités de conduite, au moment de l'accident, étaient très vraisemblablement altérées.

Toutefois, compte tenu des éléments du contexte identifiés et du niveau élevé de gravité généralement constaté pour l'ensemble des usagers pour ces types d'accident entre un train et un véhicule routier, le BEA-TT est conduit à rechercher des recommandations dans l'objectif de renforcer :

- la visibilité de l'état fermé de ce PN ;
- et, au-delà de l'accident analysé, la visibilité de l'état fermé de tout PN, ainsi que l'aide à la conduite des véhicules routiers.

5.3 - Les équipements du PN n° 2

5.3.1 - La visibilité des feux rouges clignotants et de la demi-barrière situés devant le VL impliqué

Le PN n° 2 est un obstacle intermittent situé en sommet de côte et après un virage prononcé. La détectabilité des équipements, notamment des feux et des demi-barrières, par les usagers dépend principalement de l'absence de masque naturels ou artificiels. Les visites du site ont conduit les enquêteurs du BEA-TT à considérer que plusieurs éléments réduisaient la détectabilité du feu rouge clignotant situé à droite dans le sens de circulation du VL impliqué et de la demi-barrière en position basse.

Soixante mètres en amont du PN (soit six secondes pour un véhicule roulant à la vitesse de 10 m/s ou 36 km/h), le feu rouge clignotant de droite est masqué par le pressoir puis par le sommet de l'abri du téléphone d'urgence, alors que le feu rouge clignotant de gauche est visible. Les demi-barrières en position basse sont masquées par les barrières en béton du petit parc.



Figure 63 : illustration des enjeux de visibilité à 60 m en amont du PN dans le sens de circulation du VL impliqué, demi-barrières levées
(photo et légende BEA-TT)

Cinquante mètres en amont du PN (soit cinq secondes pour un véhicule roulant à la vitesse de 10 m/s ou 36 km/h), le même feu clignotant de droite est masqué par le sommet de l'abri du téléphone d'urgence. Le feu rouge clignotant de gauche est visible. Les demi-barrières en position basse sont masquées par les barrières en béton du petit parc.

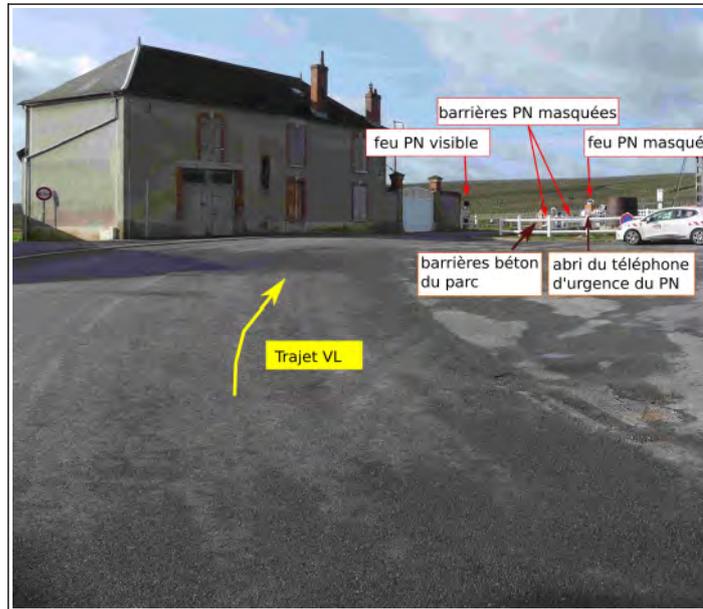


Figure 64 : illustration des enjeux de visibilité à 50 m en amont du PN dans le sens de circulation du VL impliqué, demi-barrières abaissées (photo et légende BEA-TT)

Quarante mètres en amont du PN, les feux rouges clignotants de gauche et de droite sont visibles. Les demi-barrières en position basse sont encore partiellement masquées et sont peu visibles car elles se confondent avec les barrières en béton du petit parc.

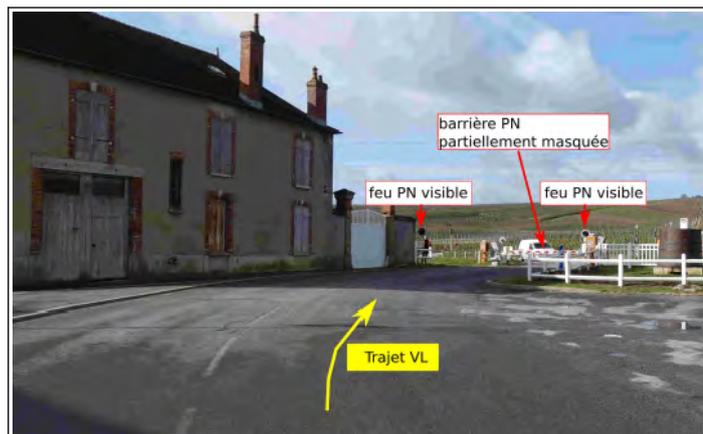


Figure 65 : illustration des enjeux de visibilité à 40 m en amont du PN dans le sens de circulation du VL impliqué, demi-barrières abaissées (photo et légende BEA-TT)

À partir de **trente mètres en amont du PN**, les feux et les demi-barrières sont désormais complètement visibles.

Les enquêteurs du BEA-TT rappellent néanmoins que le feu rouge clignotant de droite doit être visible en priorité conformément au b) de l'article 8 de l'IISR, qui précise que les signaux et les feux routiers sont normalement implantés du côté droit de la chaussée dans le sens de la circulation. L'article 34-1 de l'IISR précise qu'un deuxième feu rouge clignotant peut être placé sur la gauche de la route, soit au-delà de la voie ferrée sur l'envers du signal opposé, soit, lorsque les conditions locales l'exigent, en deçà de la voie ferrée sur un support indépendant.

Les conducteurs approchant du passage à niveau doivent pouvoir, autant que possible, voir au moins un feu quelle que soit la position de leur véhicule : sur la droite, le feu clignotant rouge du signal de face et sur la gauche, soit celui de l'envers du signal situé de l'autre côté de la voie ferrée, soit celui placé en deçà de la voie ferrée sur un support indépendant.

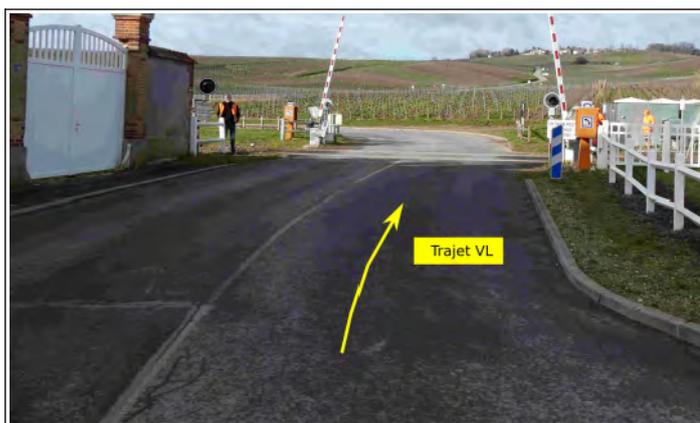


Figure 66 : photo prise 20 m en amont du PN dans le sens de circulation du VL impliqué
(photo et légende BEA-TT)

La signalisation au droit du PN est une signalisation de position qui doit être visible pour les véhicules en approche finale du PN.

La signalisation dite d'approche a pour rôle d'indiquer la présence du PN, qui, pour l'usager routier, est un danger lorsqu'il est fermé, à une distance d'environ 150 m. Ensuite, les balises J10, placées aux deux tiers et au tiers de cette distance, rappellent la distance restante jusqu'au PN.

L'usager doit donc adapter sa vitesse au moment où il rencontre ces premiers équipements de signalisation, en particulier lorsqu'il ne perçoit pas directement le PN. Dans le cas de ce PN, les feux rouges clignotants de droite et de gauche sont visibles simultanément à 40 m en amont des barrières.

La vitesse de circulation maximale autorisée étant de 50 km/h soit 16 m/s, la distance théorique d'arrêt en tenant compte d'un temps de réaction du conducteur d'une seconde et d'une chaussée sèche sera de 28 mètres¹⁴. Cette valeur est inférieure aux 40 mètres évalués comme distance de visibilité de l'ensemble des feux.

Bien que l'environnement immédiat du PN, avec la présence d'une courbe, d'une montée et d'un carrefour avec une voie d'accès, ne favorise pas une approche à la vitesse maximale autorisée, la visibilité et la lisibilité du passage à niveau peuvent être considérées comme non optimales. Conformément à l'arrêté de mars 1991 modifié, l'exploitant ferroviaire installe et entretient les équipements et la signalisation de position des passages à niveau publics, le gestionnaire de la voirie routière installe et entretient la

14 Cf. Fiche Sétra « savoirs de base en sécurité routière – vitesse et mortalité – mars 2006 »

signalisation avancée. Les aménagements existants aux abords du PN n° 2 constituant un masque en approche ont été réalisés par la commune.

En conséquence, le BEA-TT sans émettre de recommandation formelle, invite la Mairie d'Avenay-Val-d'Or, en coordination avec le CD51 et SNCF-Réseau, à améliorer la visibilité des feux rouges clignotants, en particulier celui de droite, et de la demi-barrière une fois abaissée, pour des usagers circulant dans le sens du véhicule impliqué dans l'accident.

À l'issue des investigations menées, le BEA-TT considère que certains aspects de cet accident se rapprochent de ceux de l'accident du PN de Millas¹⁵, pour lequel les deux recommandations suivantes avaient été formulées.

L'analyse des caractéristiques et des performances des feux rouges clignotants, des demi-barrières et des sonneries du PN de Millas avait amené le BEA-TT à formuler une recommandation à destination de la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM). Cette recommandation concernait l'établissement d'un référentiel technique fixant des performances des équipements d'un passage à niveau et des règles d'emploi.

« Établir, en coordination avec SNCF-Réseau et la DSR un référentiel technique fixant des performances et une procédure d'évaluation de la conformité des équipements des passages à niveau, tels que prévus par la réglementation routière relative à la qualification des équipements routiers, ainsi que des règles de mise en service et d'implantation en fonction de leurs caractéristiques et des contraintes de l'environnement. »

La DGITM, en réponse à la recommandation, a indiqué qu'elle mettait en place un groupe de travail pour définir des spécifications de ces trois familles d'équipement.

Concernant la sonnerie en particulier, la recommandation suivante avait également été émise à destination de la SNCF pour améliorer la réception par les usagers dans les véhicules des ondes sonores émises par la sonnerie.

« Étudier des équipements permettant la diffusion d'un signal sonore d'alerte continu, depuis l'abaissement des barrières jusqu'à leur relèvement, à destination de tous les usagers empruntant les passages à niveau.

Dans le cadre des évolutions des véhicules connectés, étudier la faisabilité d'un report d'alerte de fermeture d'un passage à niveau à l'intérieur des véhicules couplé avec le système de navigation et la cartographie embarquée ».

En réponse, la SNCF avait indiqué que des études étaient en cours.

Pour ces éléments, le BEA-TT n'émet pas de nouvelles recommandations.

La sonnerie du PN n° 2 tinte avec un niveau sonore réduit, cas qui jusqu'alors n'a pas été rencontré par le BEA-TT lors de ses enquêtes. Habituellement, pour des raisons liées a priori à la gêne sonore ressentie par les habitants riverains des PN, le tintement de la sonnerie s'arrête au moment où les demi-barrières d'entrée¹⁶ atteignent leur position horizontale, soit pour le PN n° 2 au bout de 16 secondes après son activation.

15 Rapport d'enquête technique sur la collision entre un train et un autocar le 14 décembre 2017 sur le PN25 à Millas (66). Le rapport peut être consulté sur le site internet du BEA-TT.

16 Les demi-barrières d'entrée sont celles fermant les sens de circulation routière, elles sont positionnées à droite de la chaussée. Dans le cas d'un PN disposant de quatre demi-barrières, les deux demi-barrières de sortie sont celles situées à gauche dans chaque sens de circulation.

5.3.2 - Les caractéristiques réglementaires de la sonnerie

L'article 6 bis de l'arrêté du 18 mars 1991 modifié¹⁷ stipule que « Aux passages à niveau de 1^{re} et 2^e catégorie situés en agglomération, le fonctionnement des sonneries peut être, sur demande expresse de l'autorité gestionnaire de la voirie routière concernée, soit atténué, soit supprimé. »

Dans le cas du PN n° 2, ce passage à niveau est un PN de 1^{re} catégorie situé en agglomération. L'autorité gestionnaire de la voirie routière concernée est le Conseil départemental de la Marne (CD51).

La fiche individuelle du PN n° 2 datée du 10 juillet 2017 et annexée à l'arrêté préfectoral du 10 septembre 1992 définissant ce PN comme un PN de 1^{re} catégorie stipule que la sonnerie est atténuée.

Le caractère atténué de la sonnerie a été mentionné dans le dernier diagnostic de sécurité du passage à niveau (voir annexe 2 du rapport).

L'article 10 de l'arrêté du 18 mars 1991 modifié stipule que « La signalisation automatique lumineuse et sonore et l'abaissement des demi-barrières ne sont déclenchés qu'à l'approche d'un train, [...] ».

Les opérations s'effectuent dans l'ordre suivant :

- les feux rouges clignotants s'allument vingt secondes, au moins, avant le passage du train ;
- les sonneries tintent dès l'allumage de ces feux et au minimum jusqu'à la fin de l'abaissement des demi-barrières ; [...]. ».

L'arrêt de la sonnerie une fois les demi-barrières en position basse est donc réglementaire.

¹⁷ Arrêté du 18 mars 1991 relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau (<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006077502#LEGIARTI000034809626>)

5.3.3 - Les caractéristiques techniques de la sonnerie en place

Les sonneries sont des équipements électro-mécaniques.

La cloche est frappée par un battant actionné par des bobines électromagnétiques alimentées en courant 8 V continu.

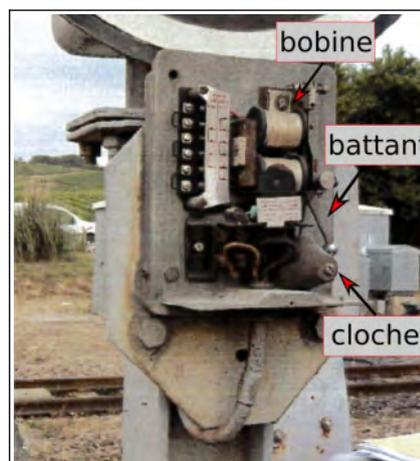


Figure 67 : sonnerie équipant le PN n° 2
(Photo M. DUBERNARD, expert judiciaire, légende BEA-TT)

Elles commencent à tinter au moment de l'allumage des feux rouges clignotants. Elles continuent à sonner lorsque les demi-barrières s'abaissent et cessent de sonner lorsqu'elles sont en position horizontale (cf. § 2.6.7).

Lors des opérations annuelles de maintenance préventive de sécurité (MPS), les sonneries sont testées afin de vérifier leur bon fonctionnement. La dernière MPS sur le PN n° 2 a été réalisée en janvier 2019 et la dernière inspection régulière a été réalisée en février 2019. Aucun dysfonctionnement sur les sonneries n'a été détecté selon les rapports de ces opérations.

Toutefois, le BEA-TT n'a pas eu connaissance de spécifications techniques opérationnelles de la part de la SNCF ou réglementaires fixant des valeurs du niveau sonore de ces sonneries. SNCF-Réseau indique pour sa part que l'installation des sonneries atténuées est la conséquence de plaintes de riverains. Pour le BEA-TT, ce constat pose la question de l'utilité de tels équipements d'alerte sonore au regard de la sécurité des usagers de la route.

5.3.4 - Les sonneries au moment de l'accident

La reconstruction de la cinématique du VL avant la collision permet de considérer que les sonneries avaient cessé de tinter bien avant que le véhicule léger soit en approche finale du PN.

Il est donc établi que la conductrice du VL n'a pas bénéficié d'une alerte sonore relative à ce PN, pour lequel la visibilité réciproque avec les circulations ferroviaires est diminuée en raison de la présence de bâtiments aux abords du PN.

En conclusion, le BEA-TT, compte tenu des recommandations déjà proposées dans le cadre de l'accident de Millas et des constats réalisés, n'émet pas de nouvelles recommandations sur les équipements d'un passage à niveau.

5.4 - Recommandation relative au système de freinage automatique d'urgence du VL

L'analyse des données du calculateur des coussins gonflables de sécurité (*airbags*) a permis de démontrer que le véhicule routier n'avait pas freiné à l'approche ou sur le PN.

Les informations fournies par le manuel d'utilisateur du VL (NISSAN X-TRAIL) permettent de clarifier le domaine d'utilisation de cet équipement de sécurité dénommé en anglais AEBS, non obligatoire sur les véhicules mis en vente en 2016.

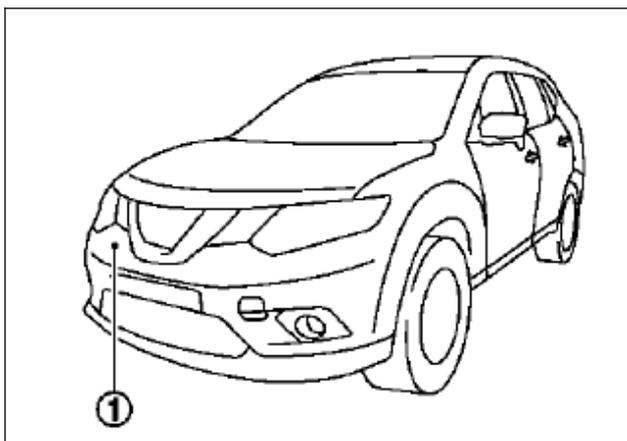
5.4.1 - Les principes de fonctionnement du système de freinage automatique

Ce système a pour objectif de fournir une aide au conducteur du véhicule quand il apparaît un risque de collision avec le véhicule qui le précède.

Le système utilise un système d'émetteur et de capteur radar (légendé 1 sur l'illustration suivante), situé au niveau du pare-chocs avant du véhicule pour mesurer la distance qui le sépare du véhicule le précédant.

Ce dernier doit disposer d'une surface de réflexion suffisante pour que les ondes retour puissent être détectées.

Les performances du système vont également influencer sur la détection de l'obstacle.



Lorsque le système évalue qu'un risque de collision est possible, un voyant sur le tableau de bord s'allume et un son est émis :

- **si le conducteur réagit** en actionnant les freins, et que le véhicule calcule que ce freinage ne sera pas suffisant pour éviter la collision, alors le système amplifie le freinage du véhicule.
- **si le conducteur ne réagit pas** à cette première alerte, alors le système allume un voyant de couleur rouge et émet un son :
 - si le conducteur relâche la pédale d'accélération, le système actionne les freins du véhicule.
 - si le risque de collision devient imminent, le système actionne un freinage vigoureux du véhicule.

Si le conducteur actionne le volant et que le système calcule que la nouvelle trajectoire qui en découle permet d'éviter la collision, alors le système fait cesser son avertissement.

Si le freinage automatique est actionné, les freins restent serrés environ deux secondes après l'arrêt complet du véhicule.

5.4.2 - Les limites de ce système par conception

Le constructeur indique que le système ne fonctionne pas dans certaines conditions météorologiques, de circulation ou d'état de la chaussée. Ainsi, le capteur radar ne détecte pas les piétons, les animaux ou les obstacles sur la route. Il ne détecte pas non plus les véhicules arrivant en face, ni les véhicules arrivant par le côté.

Le système peut être désactivé par le conducteur.

Ce système ne faisait l'objet d'aucune exigence d'homologation par les autorités lors de son installation compte tenu de la date de première mise en circulation du VL. À la date de rédaction du rapport, aucune exigence d'homologation n'est encore en vigueur en Europe.

5.4.3 - Le système dans l'accident étudié

Par rapport au contexte de l'accident, il a été établi que :

- le véhicule possédait comme équipement le système AEBS ;
- les conditions météorologiques étaient favorables ;
- la chaussée était sèche ;
- l'obstacle à détecter était une demi-barrière standard en position basse.

Par contre, il n'a pas pu être établi :

- si la conductrice avait désactivé ce système au dernier démarrage du véhicule ;
- si le système était fonctionnel ou en défaut au moment de la collision.

Les enquêteurs du BEA-TT constatent qu'il ne peut pas être établi que le système d'AEBS ait été dans son domaine d'emploi lorsque le VL était en approche du PN. Ce système n'a pas été défini et programmé pour éviter la collision avec une demi-barrière de PN abaissée, qui peut être considérée comme un obstacle avec une signature radar faible au dessus de la voie de circulation.

Au moment où les parties prenantes (autorités gouvernementales, constructeurs automobiles, équipementiers) travaillent à l'élaboration de spécifications techniques des futurs systèmes AEBS qui seront rendus prochainement obligatoires pour les nouveaux véhicules mis en vente, le BEA-TT formule la recommandation suivante :

Recommandation R1 adressée à la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) :

Porter devant les instances internationales l'intérêt qu'aurait l'inclusion du cas de détection des barrières abaissées des passages à niveau dans la liste des cas d'usage pour l'homologation des systèmes automatiques de freinage d'urgence.

6 - Conclusions, recommandation et invitation

La cause directe de l'accident est le non-arrêt du véhicule léger au passage à niveau fermé.

La présence dans l'organisme de la conductrice d'un médicament en dose toxique a très vraisemblablement joué un rôle dans la survenance de l'accident en altérant ses facultés de conduite.

Au vu des éléments du contexte identifiés et du niveau élevé de gravité généralement constaté pour l'ensemble des usagers impliqués dans ces types d'accident entre un train et un véhicule routier, le BEA-TT est conduit à rechercher des orientations préventives dans les domaines de la visibilité de l'état fermé d'un passage à niveau et dans l'aide à la conduite des véhicules routiers.

En conséquence, le BEA-TT formule une recommandation relative à l'inclusion du cas de détection des barrières abaissées des passages à niveau dans la liste des cas d'usage pour l'homologation des systèmes automatiques de freinage d'urgence des véhicules routiers.

Recommandation R1 adressée à la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) :

Porter devant les instances internationales l'intérêt qu'aurait l'inclusion du cas de détection des barrières abaissées des passages à niveau dans la liste des cas d'usage pour l'homologation des systèmes automatiques de freinage d'urgence.

Le BEA-TT, sans émettre de recommandation formelle, invite la Mairie d'Avenay-Val-d'Or, en coordination avec le CD 51 et SNCF-Réseau à améliorer la visibilité des feux rouges clignotants, en particulier celui de droite, et de la demi-barrière une fois abaissée, pour des usagers circulant dans le sens du véhicule impliqué dans l'accident.

Le BEA-TT rappelle enfin les recommandations émises dans le cadre de l'accident de Millas portant sur l'établissement d'un référentiel technique fixant des performances des équipements des PN et sur l'amélioration de la réception par les usagers à bord des véhicules de l'alerte sonore émise par un PN.

ANNEXES

Annexe 1 : copie de la décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : copie du dernier diagnostic de sécurité du PN n° 2

Annexe 3 : arrêté préfectoral de classement du PN n° 2 et fiche individuelle

Annexe 1 : copie de la décision d'ouverture d'enquête



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS



Le Directeur

La Défense, le 15 juillet 2019

DECISION

Le directeur du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre,

Vu le Code des transports et notamment les articles L. 1621-2 à L. 1622-2 et R. 1621-1 à R. 1621-26 relatifs, en particulier, à l'enquête technique après un accident ou un incident de transport terrestre ;

Vu les circonstances de la collision entre un train et un véhicule léger survenue le 15 juillet 2019 à Avenay-Val-d'Or (51) ;

décide

Article 1 : Une enquête technique est ouverte en application des articles L. 1621-2 et R. 1621-22 du Code des transports concernant la collision entre un train et un véhicule léger, survenue le 15 juillet 2019, sur le passage à niveau n° 2, sur la commune d'Avenay-Val-d'Or dans la Marne.

Jean PANHALEUX

Annexe 2 : copie du dernier diagnostic de sécurité du PN n° 2

Grille d'inspection

Rappel des consignes de sécurité lors des visites

Qu'ils soient inspecteurs ou gestionnaires de voirie, les intervenants doivent être constamment conscients que toute intervention sur la route ou au bord de la route les place dans une situation potentiellement dangereuse, pour eux-mêmes ou pour les autres usagers. Le gestionnaire sollicite deux agents par inspection, un qui conduit et l'autre qui fait l'inspection.

Quel que soit le mode d'inspection, les intervenants doivent observer les règles de sécurité suivantes :

- *respecter le Code de la Route,*
- *garder les mains sur le volant ; le conducteur doit être concentré sur sa tâche de conduite et ne doit, en aucun cas, lâcher son volant pour tenter de relever un évènement par écrit, ou prendre une photo de la route.*

PN n° 2

Route ou rue : RD 201

Commune d'Avenay-Val-d'Or

Département de la Marne

Inspection réalisée par :

M. XXXX service : Département de la Marne n°tel : 00 00 00 00 00

M. YYYY service : SNCF n°tel : 00 00 00 00 00

de jour le 05/02/2019, à 11h10

Signatures :

	DATE de l'inspection : 05/02/2019		PN n°2 sur la RD 201
Questions O	Description du passage à niveau		Commentaires
O.1	Identification des voies		
Voies : Type de PN, N°, ligne ferroviaire, Route et point de repère ou adresse.	Route : RD 201, au PR 5+499 Nbre de voies : 2	Voie ferrée : Ligne n° 74 000 PN n°2 au PK : 148+0381 Type de PN : public – SAL 2 Nbre de voies : 2 Electrifiée : oui	
O.2	Trafics et vitesses		
Trafics, vitesse et fonctions : itinéraire TE, voie de délestage, itinéraire transport scolaire/cyclistes/ piétons	Route : MJA : 974 véh/j dont % trafic PL : 2 %. Pointe horaire : NC Vitesse réglementaire : 50 km/h. Vitesse pratiquée : NC Fonctions : Transit	Voie ferrée : Trafic ferroviaire par 24 h : 36 Vitesse praticable : 120 km/h	
O.3	Environnement		
Environnement : (urbanisation, autres contextes, évolution prévisible)	Périurbain	PN proche de l'entrée / sortie de l'agglomération. PN entouré de quelques habitations, d'arbres et d'espaces verts. Parking de la gare à proximité.	
O.4	Accidents, incidents		
Sécurité : Accidents corporels et Incidents et accidents matériels	Accidents corporels sur les 10 dernières années voire plus : De 2008 à 2019, 0 accident.	Incidents et accidents matériels sur 5 ans : (casse de matériel, sans conséquences corporelles) En 2010, 1 boîte à relais percuté. En 2013, 1 bris de barrière + moteur.	

Inspection de sécurité des passages à niveau – ~~Sétra~~ DESD 4

		Jour		
Questions « II »	La visibilité	sens OUI	NON	Commentaires
<i>Visibilité d'approche (distance d'arrêt à la vitesse réglementaire)</i>				
II.1	Le tracé et/ou le profil en long de la route ou rue permettent une bonne visibilité du passage à niveau (masques éventuels, y compris stationnement)	1 → X 2 ← X		
II.2	La signalisation de police réglementaire annonçant le passage à niveau est visible	1 X 2 X		
II.3	Les équipements du passage à niveau sont visibles en approche à la vitesse réglementaire (et aussi des accès proches : autre voie ou privé)	1 X 2 X		Dans les deux sens, les feux rouges du PN sont des modules à diodes.

		Jour	
--	--	------	--

Questions « III »	La lisibilité	sens	OUI	NON	Commentaires
-------------------	---------------	------	-----	-----	--------------

III.1	Le type et le mode d'exploitation de la route sont compatibles avec une bonne perception du passage à niveau pour l'usager (effet de surprise, on ne s'attend pas à trouver un PN sur ce type de voie)	1 →	X		
		2 ←	X		

III.2	La signalisation verticale et les barrières sont facilement identifiables de jour comme de nuit (pas de pollution visuelle)	1	X		
		2	X		

III.3	La perception des feux R24, du platelage du passage à niveau, des barrières en cours de fermeture permettent de bien situer l'endroit où l'usager doit s'arrêter	1	X		
		2	X		

		Jour	
--	--	------	--

Attention l'inspection est réalisée dans le 2 sens de circulation automobile : sens 1 : PR positifs ; sens 2 : PR négatifs - en agglomération : indiquez le sens 1 et le sens 2

Questions « I »	Géométrie	sens	OUI	NON	Non concerné	Commentaires
-----------------	-----------	------	-----	-----	--------------	--------------

I.1	Les caractéristiques géométriques du passage à niveau permettent un bon franchissement pour tous les types de véhicules (2 Roues, VL, PL, Transports Exceptionnels).	1 →	X			Pas de Transports exceptionnels sur cette RD.
		2 ←	X			

I.2	Le passage à niveau est suffisamment éloigné de tout autre point singulier (carrefour,...).	1		X		PN dans un "S". Parking de la gare.
		2		X		

I.3	Si un point singulier existe à proximité, celui-ci est pris en compte pour assurer un bon fonctionnement du passage à niveau.	1	X			
		2	X			

			Jour			
Questions « IV »	Circulations douces	sens	OUI	NON	Non concerné	Commentaires
IV.1	Les aménagements prennent en compte la circulation des vélos et piétons (y compris les personnes à mobilité réduite)	1 →		X		
		← 2		X		
IV.2	Le guidage des piétons vers l'endroit où ils peuvent traverser la voie ferrée est suffisant (y compris dissuasion des cheminements interdits)	1		X		
		2		X		
IV.3	Le passage en chicane des 2 roues est dissuadé par l'aménagement et les équipements du passage à niveau	1		X		
		2		X		
IV.4	En cas de proximité d'une gare, le cheminement des piétons le long de la voie ferrée est dissuadé et il existe un cheminement satisfaisant	1	X			Halte pour voyageurs (gare).
		2	X			



Autres « V »	Autres remarques
	<p>- Présence de panneaux CE2a.</p> <p>- Les sonneries du PN ont été atténuées (demande du maire) : pratiquement inaudibles.</p>

Annexe 3 : copie de l'arrêté de classement du PN n° 2 accompagné de la fiche individuelle

DEPARTEMENT DE LA MARNE	REPUBLIQUE FRANCAISE
92 - 00206	SOUS-PREFECTURE DE REIMS
	<u>SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER</u>
	Ligne d'EPERNAY à REIMS

	Le Préfet de la Région "Champagne-Ardenne", Préfet du Département de la Marne, Officier de la Légion d'Honneur,
	U U :
	- l'arrêté ministériel du 18 mars 1991 relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau, - l'arrêté préfectoral de délégation de signature du 13 janvier 1992, - les propositions de la S.N.C.F. en date du 3 juillet 1992,
	A R R E T E :
	<u>Article 1er</u> : Les passages à niveau (PN) N° 2 à 11 de la ligne d'EPERNAY à REIMS sont classés conformément aux indications portées sur les fiches individuelles ci-annexées.
	<u>Article 2</u> : Le présent arrêté abroge ceux en date des : - 14 mars 1973 en ce qui concerne le PN 2 - 12 mars 1974 en ce qui concerne les PN 5-8-9-11 - 15 mai 1974 en ce qui concerne le PN 7
	<u>Article 3</u> : M. le Sous-Préfet de REIMS est chargé de l'exécution du présent arrêté dont ampliation sera adressée à : - MM. les Maires des communes concernées - M. le Directeur de la Région S.N.C.F. de REIMS Champagne-Ardenne - Division de l'Equipeement, DV 24 - DOMAINE - 6, rue de Courcelles - 51096 REIMS CEDEX.
	REIMS, le 10 septembre 1992
	Pour le Préfet de la Région "Champagne-Ardenne", Préfet du Département de la Marne, et par délégation, Le Sous-Préfet de REIMS,
Pour ampliation, Pour le Sous-Préfet, L'Attaché Chef de Bureau,	Signé: H. CHERIET
C. PINGAUD	

Ligne d'EPERNAY à REIMS
Département de la MARNE

FICHE INDIVIDUELLE DU PASSAGE A NIVEAU N° 2
ANNEXEE A L'ARRETE PREFECTORAL DU

Commune : AVENAY-VAL-D'OR

Kilomètre : 148,381

Désignation de la voie routière : Route Départementale n° 201

Catégorie du PN : Première

Dispositions particulières :

- Est muni d'une signalisation automatique lumineuse et sonore complétée par deux demi-barrières à fonctionnement automatique, annonçant aux usagers de la route l'approche des trains.
- Un poste téléphonique à la disposition des usagers de la route leur permet d'aviser les agents du Chemin de fer en cas d'incident ou de dérangement des installations du passage à niveau.
- Un itinéraire de détournement pouvant être utilisé par les usagers de la route, en cas de dérangement des installations du passage à niveau, est affiché à la vue du public.

A REIMS, le 10 SEP. 1992

Pour le Préfet,
et par délégation
Le Sous-Préfet,
Pour le Sous-Préfet de REIMS,
Le Secrétaire en Chef,



Claude CARHETTA



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
DÉPARTEMENT DE LA MARNE
SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS
LIGNE D'ÉPERNAY à REIMS

Fiche individuelle du passage à niveau n° 02
Annexée à l'arrêté préfectoral du 10/09/1992

Commune : AVENAY-VAL D'OR

Kilomètre : 148.381

Désignation de la voie routière : Route Départementale n°201

Catégorie du PN : Première

Dispositions particulières :

- Est muni d'une signalisation automatique lumineuse et sonore (sonnerie atténuée) complétée par deux demi-barrières à fonctionnement automatique, annonçant aux usages de la route l'approche des trains.
- Un poste téléphonique est à la disposition des usagers de la route leur permettant d'aviser les agents du chemin de fer en cas d'incident ou de dérangement des installations du passage à niveau.
- Un itinéraire de détournement pouvant être utilisé par les usagers de la route, en cas de dérangement des installations du passage à niveau, est affiché à la vue du public.

A CHALONS EN CHAMPAGNE, le 10 JUIL. 2017

Le Préfet,

M/Denis CONUS



Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre



Grande Arche - Paroi Sud
92055 La Défense cedex

Téléphone : 01 40 81 21 83

Télécopie : 01 40 81 21 50

bea-tt@developpement-durable.gouv.fr

www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr

