

**RAPPORT
D'ENQUÊTE TECHNIQUE**
**sur la dérive d'une rame
de tramway de la ligne T4
survenue le 8 novembre 2020
à Clichy-sous-Bois (93)**
Janvier 2022

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 1621-1 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.

Glossaire

- **ARC** : Agent Référent Conduite
- **ATESS** : Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité en Statique
- **BP** : Bouton-Poussoir
- **CTT** : Cadre Transport Traction
- **DSTG** : Département de la Sécurité des Transports Guidés
- **ETTPE** : Établissement Tram-Train Paris Est
- **EPSF** : Établissement Public de Sécurité Ferroviaire
- **FMS** : Frein Maximal de Service
- **FOH** : Facteurs Organisationnels et Humains
- **FU** : Freinage d'Urgence
- **GTC** : Gestion Technique Centralisée
- **IdFM** : Île-de-France Mobilités
- **MP(TTF)** : Manipulateur de Traction-Freinage
- **OQA** : Organisme Qualifié Agréé
- **PCT4** : Poste de Commandes de la ligne T4
- **RFN** : Réseau Ferré National
- **RSE** : Règlement de Sécurité de l'Exploitation
- **SAEIV** : Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs
- **SI** : Signal d'Itinéraire
- **SNCF Voyageurs** : Entreprise ferroviaire de transport de voyageurs du groupe SNCF
- **STRMTG** : Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés
- **VACMA** : Veille Automatique avec Contrôle du Maintien d'Appui

Bordereau documentaire

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

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur la dérive d'une rame de tramway de la ligne T4 survenue le 8 novembre 2020 à Clichy-sous-Bois (93)

Affaire n° BEATT-2020-09

N° ISRN : EQ-BEAT--22-2--FR

Proposition de mots-clés : dérive, tramway, geste métier, formation

Synthèse

Le dimanche 8 novembre 2020, sur la ligne de tramway francilien T4 exploitée par SNCF Voyageurs, une rame en circulation commerciale parcourt une rampe à 7 % entre les stations Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie. En haut de la rampe, le conducteur du tramway réduit sa vitesse afin de s'arrêter devant une signalisation routière tramway lui interdisant le franchissement d'un carrefour. La rame part alors en dérive (déplacement non contrôlé) dans le sens de la descente (en arrière), jusqu'à atteindre une vitesse de 63 km/h. La rame est finalement arrêtée par le conducteur au moyen d'un freinage d'urgence, après 430 mètres de dérive.

Parmi la quarantaine de passagers à bord, il n'y a pas de blessé. Il n'y a pas de dégât matériel sur la rame ou la voie. La rame dérivante ayant franchi une traversée piétonne isolée et deux carrefours routiers, les conséquences de cette dérive auraient pu être graves.

La cause directe de la dérive est la concomitance du maintien en traction et de la mise en œuvre d'un geste métier inadéquat par le conducteur. Ce geste métier correspond au passage du sélecteur de sens de marche sur la position « zéro » lors de l'arrêt devant la signalisation routière tramway. Cette action a entraîné la désactivation de la sécurité de l'anti-dérive. Prescrit pour l'immobilisation devant un signal d'itinéraire ferroviaire, le geste n'était pas adapté face à une signalisation routière tramway. De plus, lors de l'arrêt initial en haut de la rampe, le conducteur a laissé le manipulateur sur la position « traction ». Les freins d'immobilisation qui auraient pu malgré tout retenir la rame ne se sont dès lors pas activés.

Cet événement a été aggravé par la gestion de la dérive par le conducteur qui, stressé, a appliqué plusieurs freinages sur des durées courtes mais insuffisantes pour que le matériel puisse appliquer correctement un effort de freinage.

L'enquête a révélé que divers facteurs techniques, organisationnels et humains ont contribué à cette situation :

- le fonctionnement de l'anti-dérive du Dualis, inactif quand le sélecteur de sens de marche est sur la position « zéro », et la méconnaissance de cette particularité par les conducteurs et l'encadrement ;
- l'existence d'un geste « métier » utilisant le sélecteur de sens de marche pour pallier un éventuel manque de vigilance des conducteurs, sans que les risques induits par cette action ne soient appréhendés ;
- la formation des conducteurs au cours de laquelle, d'une part le langage utilisé porte à confusion, et d'autre part la mise en situation de dérive consiste à observer passivement la récupération de la rame par un automatisme ;
- le déficit de formation préparant aux situations complexes, d'urgence et de stress.

Le BEA-TT émet **5 recommandations** et **5 invitations** dans les domaines suivants :

- l'usage du geste métier au regard des particularités du matériel roulant fourni ;
- le langage utilisé ;
- la formation des conducteurs ;
- les enregistrements des vidéos frontales de rames Dualis.

SOMMAIRE

SYNTHÈSE.....	1
1 - CONSTATS IMMÉDIATS ET ENGAGEMENT DE L'ENQUÊTE.....	4
1.1 - Les circonstances de l'événement.....	4
1.2 - Le bilan humain et matériel.....	4
1.3 - L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	5
2 - CONTEXTE DE L'ACCIDENT.....	6
2.1 - La ligne de tramway T4 et la localisation de l'accident.....	6
2.1.1 - Présentation générale.....	6
2.1.2 - Description de la zone de l'accident.....	6
2.2 - Les caractéristiques de la voie de la ligne T4.....	7
2.3 - Les caractéristiques de la signalisation.....	9
2.3.1 - La signalisation ferroviaire de la ligne T4.....	9
2.3.2 - La signalisation lumineuse routière.....	9
2.4 - Les matériels roulants en circulation sur la ligne T4.....	10
2.4.1 - Dualis d'Alstom.....	10
2.4.2 - Avanto de Siemens.....	12
2.4.3 - Les types de frein et les modes de freinage.....	13
2.5 - L'exploitation et la maintenance de la ligne T4.....	14
2.5.1 - La conduite sur la ligne T4.....	14
2.5.2 - La régulation du trafic de la ligne T4.....	15
2.5.3 - La maintenance de la ligne T4.....	16
2.5.4 - La formation des conducteurs de la ligne T4.....	16
2.6 - Le cadre réglementaire et les autorisations d'exploitation.....	18
3 - COMPTE RENDU DES INVESTIGATIONS EFFECTUÉES.....	19
3.1 - L'emplacement des différentes rames au moment de la dérive.....	19
3.2 - Les résumés des déclarations.....	21
3.2.1 - Le conducteur de la rame dérivante.....	21
3.2.2 - Le conducteur de la rame parallèle.....	22
3.2.3 - Les deux agents du PCT4 : le régulateur et le gestionnaire de moyens.....	23
3.2.4 - La cadre d'astreinte présente au PCT4 au moment de la dérive.....	24
3.3 - La retranscription des vidéoprotectons extérieures et intérieures.....	25
3.3.1 - La vidéoprotection fixe positionnée en station Maurice Audin.....	25
3.3.2 - La vidéoprotection fixe positionnée à la sous-station au pied de la rampe.....	26
3.3.3 - La vidéoprotection intérieure de la rame dérivante.....	27
3.4 - Les analyses menées sur la rame dérivante.....	27
3.4.1 - Les données de l'enregistreur d'événements de conduite.....	27

3.4.2 - Les essais sur la rame dérivante.....	29
3.4.3 - L'analyse d'Alstom.....	30
3.4.4 - Le frein d'immobilisation du Dualis en rampe de 7 %.....	30
3.4.5 - Les conditions d'activation de l'anti-dérive sur le Dualis de la ligne T4.....	31
3.4.6 - La vérification de l'atteinte de la vitesse de 63 km/h en roue libre du Dualis.....	31
3.4.7 - Conclusion des analyses menées sur la rame TT414.....	32
3.5 - Les vérifications menées sur la voie.....	32
3.6 - Les conclusions sur la cause directe de la dérive.....	33
3.7 - Les investigations sur le geste métier d'immobilisation.....	34
3.7.1 - L'usage du sélecteur de sens de marche.....	34
3.7.2 - La formation au geste métier « immobilisation ».....	37
3.7.3 - De la commande du Dualis à l'autorisation pour mise en exploitation : quelle analyse du risque du geste métier.....	40
3.7.4 - Le maintien de la traction en arrivant sur le feu R17.....	42
3.7.5 - La fermeture du signal d'arrêt du tramway au carrefour routier n° 36.....	42
3.8 - Les investigations sur le comportement en situation de dérive.....	43
3.8.1 - Le retour d'expérience sur les dérives de tramways en France.....	43
3.8.2 - La procédure SNCF en cas de dérive.....	46
3.8.3 - La formation relative à la dérive.....	46
3.8.4 - Le comportement du conducteur à partir du début de la dérive : hypothèses et proposition d'interprétation.....	52
3.9 - Bilan des actions engagées ou prévues à l'étude par l'exploitant.....	53
4 - DÉROULEMENT DE LA DÉRIVE.....	55
5 - ANALYSE DES CAUSES ET FACTEURS ASSOCIÉS, ORIENTATIONS PRÉVENTIVES.....	56
5.1 - L'arbre des causes.....	56
5.2 - Les causes de l'événement.....	56
5.3 - Le geste métier d'arrêt à un signal d'itinéraire et les particularités du matériel roulant.....	57
5.4 - Le langage utilisé pour le geste métier d'arrêt à un signal d'itinéraire.....	58
5.5 - La formation des conducteurs.....	58
5.6 - Les vidéos frontales des rames de la ligne T4.....	60
5.7 - Le fonctionnel du carrefour n° 36.....	61
6 - CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS ET INVITATIONS.....	62
6.1 - Conclusions.....	62
6.2 - Recommandations et invitations.....	63
ANNEXES.....	65
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête.....	66
Annexe 2 : Dérives ayant eu lieu sur d'autres réseaux de tramways sur fer en France.....	67

1 - Constats immédiats et engagement de l'enquête

1.1 - Les circonstances de l'événement

Le 8 novembre 2020 à 12 h 05, une rame de tramway de la ligne T4, avec une quarantaine de voyageurs à son bord, part de la station Maurice Audin et circule en direction de la station Clichy-sous-Bois-Mairie.

Avant le carrefour entre l'allée Maurice Audin et l'avenue de l'Avenir, la rame s'arrête au pied d'un feu R17. La rame commence alors une dérive¹ dans le sens de la descente : elle part en arrière, atteignant une vitesse élevée. La rame est finalement arrêtée par le conducteur au moyen d'un freinage d'urgence, après 430 mètres de dérive. Elle s'immobilise à l'extrémité de la station Maurice Audin.

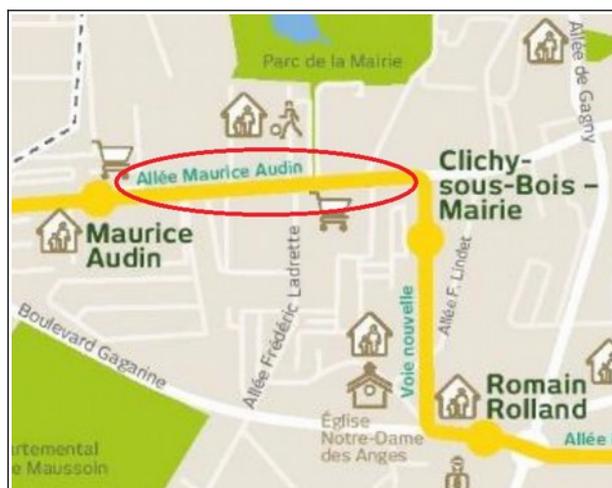


Figure 1 - Zone de la dérive (source IdFM)

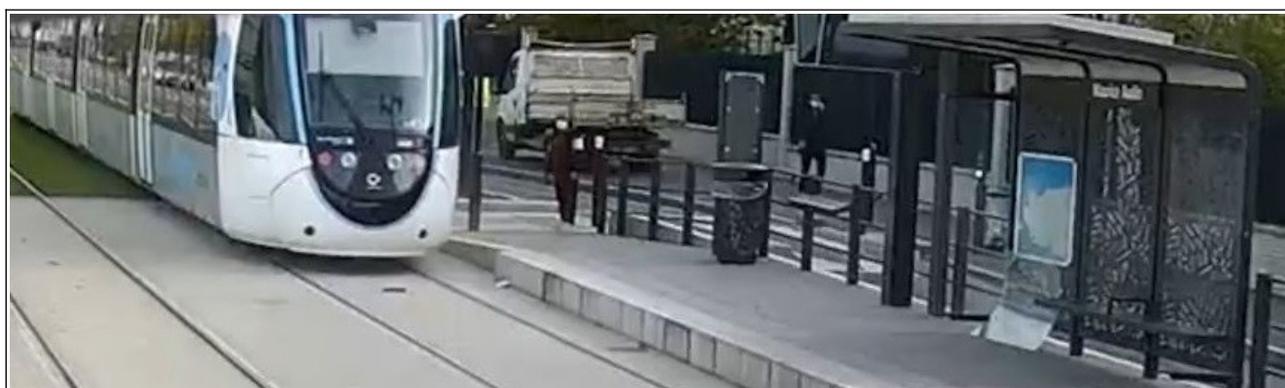


Figure 2 - Position de la rame de tramway à la fin de sa dérive (source vidéo de la station Maurice Audin)

1.2 - Le bilan humain et matériel

Aucun blessé n'est à déplorer parmi les voyageurs et il n'y a pas eu de dégât matériel sur la rame dérivante, ni sur les infrastructures. Le conducteur est choqué.

À la suite de l'évènement, l'exploitant SNCF Voyageurs retire la rame de l'exploitation et à titre conservatoire, l'habilitation du conducteur est suspendue.

1 Dans le cas de cet événement, une dérive est définie comme un déplacement incontrôlé d'un matériel roulant.

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

Au vu des circonstances et du caractère potentiellement catastrophique de l'événement, la directrice par intérim du bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre (BEA-TT) a ouvert le 9 novembre 2020 une enquête technique, en application des articles L.1621-1 à 1622-2 du Code des transports.

Les enquêteurs techniques du BEA-TT se sont rendus sur place. Ils ont rencontré les représentants de l'exploitant SNCF Voyageurs ainsi que les agents opérationnels en service le jour de l'accident. Ils ont échangé avec l'autorité organisatrice de la mobilité, Île-de-France Mobilités (IdFM). Ils ont également échangé avec les agents des services de l'État en charge du contrôle de l'exploitation de la ligne. Ils ont eu communication de l'ensemble des pièces et documents nécessaires à l'enquête.

Les enregistrements des vidéos frontales de rames Dualis n'étant pas opérationnelles pour des raisons de non-délivrance des autorisations administratives d'utilisation, les enquêteurs n'ont pas pu avoir accès aux images factuelles d'une grande partie de la dérive.

Il n'y a pas eu d'ouverture d'une information judiciaire.

2 - Contexte de l'accident

2.1 - La ligne de tramway T4 et la localisation de l'accident

2.1.1 - Présentation générale

La ligne de tramway T4 de la région Île-de-France est constituée de la ligne Aulnay-Bondy, mise en exploitation en 2006, et de l'extension vers Clichy-Montfermeil, mise en exploitation le 14 décembre 2019.

Elle est exploitée par SNCF Voyageurs, représentée par le directeur de l'Établissement Tram-Train de Paris Est (ETTPE), selon un contrat pluriannuel conclu avec Île-de-France Mobilités, autorité organisatrice de la mobilité. Le contrat actuellement en vigueur a été signé en décembre 2020.

Cette ligne comprend 20 stations et mesure au total 13,3 kilomètres. Elle est à double voie majoritairement et composée d'un tronçon en voie unique entre la station Arboretum et le terminus Hôpital de Montfermeil.

Entre Aulnay et Bondy, les installations sont situées sur le Réseau Ferré National (RFN). L'extension se connecte au niveau de la station Gargan et comprend 9 stations sur 6,5 kilomètres de tracé.

2.1.2 - Description de la zone de l'accident

La dérive a eu lieu entre les stations Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie. Entre ces deux stations distantes de 600 mètres, le tracé présente la déclivité la plus forte de la ligne en atteignant 7 %. Le sens montant correspond à la voie 1.

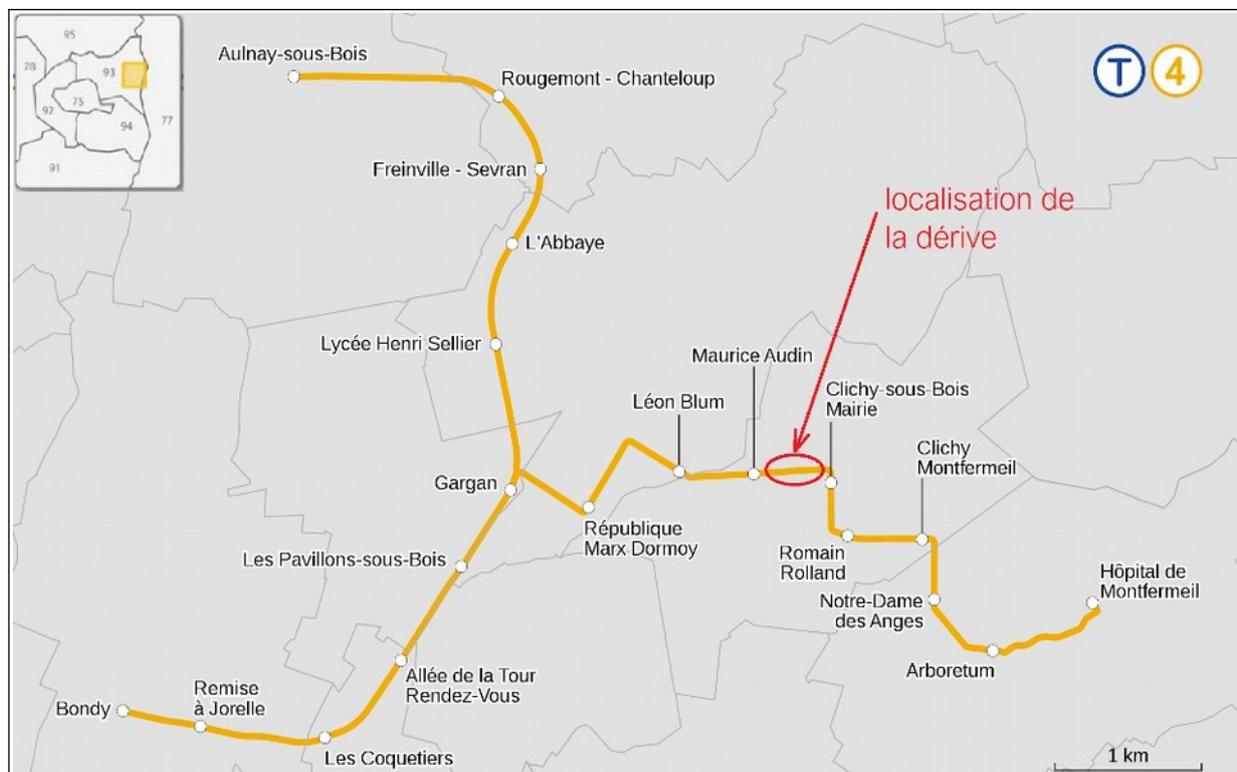


Figure 3 - Plan de la ligne T4 et localisation de la dérive du 8 novembre 2020

(source Wikipédia -Chabe01-, image modifiée)



Figure 4 - Vue depuis le haut de la pente à 7 % entre Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie (photo BEA-TT)

Le début de la dérive est identifié comme étant au pied du feu routier tramway (feu R17), à la fin de la ligne droite et juste avant la courbe menant à la station Clichy-sous-Bois-Mairie. Le sens de circulation normal des rames est à droite.



Figure 5 - Localisation du début de la dérive (source IdFM, image modifiée)

2.2 - Les caractéristiques de la voie de la ligne T4

La ligne T4 présente deux types d'insertion urbaine :

- une **partie historique**, sur le tracé d'une ancienne ligne ferroviaire, située entre les stations Aulnay et Bondy ;
- une **partie extension**, plus intégrée dans le tissu urbain, située entre l'embranchement de Gargan et la station Hôpital de Montfermeil.

Sur l'ensemble de la ligne T4, les croisements à niveau entre la voie et la voirie urbaine s'effectuent par des traversées routières, protégées par une signalisation spécifique.



Figure 6 - La partie historique de la ligne T4, au niveau de l'avenue du Colonel Fabien
(source Google Maps)



Figure 7 - La partie extension de la ligne T4, avenue Maurice Audin (photo BEA-TT)

L'atelier de maintenance et de remisage des rames se situe à Noisy-le-Sec, en dehors de la ligne T4. L'accès s'effectue par des voies du Réseau Ferré National (RFN) entre le terminus de la ligne de Bondy et Noisy-le-Sec.



Figure 8 - Liaison RFN entre le dépôt-atelier de la ligne T4 et la station terminus Bondy
(source Google Maps, modifiée)

2.3 - Les caractéristiques de la signalisation

Toute la signalisation est normalement implantée à droite de la voie.

2.3.1 - La signalisation ferroviaire de la ligne T4

La signalisation ferroviaire est notamment disposée aux terminus, sur les zones d'entrée / sortie de ligne et aux extrémités de la voie unique. Elle peut prendre les formes suivantes :

- Signal d'itinéraire (SI) : commandé soit automatiquement par détection de présence d'un tramway, soit par le conducteur depuis le pupitre de conduite. Le signal d'itinéraire protège les aiguillages, permet une régulation à Bondy et protège les sectionnements électriques.

Chaque SI est composé d'un disque noir sur un support rond et d'éléments lumineux : une barre rouge ou les indicateurs d'itinéraire blancs.

- Indicateur de direction.
- Signal de présence tension.
- Signal spécifique au passage sur voie unique en mode dégradé.

Feux présentés	Signification/conduite à tenir
	Arrêt avant le signal
	Itinéraire en direction de gauche
	Itinéraire médian
	Itinéraire en direction de droite

Figure 9 - Signal d'itinéraire
(source SNCF)

- Indicateur de vitesse limite : des panneaux le long de la ligne indiquent les vitesses limites, en certains points. Ils sont appelés Tableau indicateur de vitesse (TIV).

Figure 10 - TIV de la courbe entre
Clichy-sous-bois-Mairie et
Maurice Audin limitant à 15 km/h
(photo BEA-TT)



2.3.2 - La signalisation lumineuse routière

Pour le franchissement des carrefours routiers et de certains passages piétons isolés, une signalisation lumineuse des services réguliers de transports en commun (R17) est disposée conformément à l'instruction interministérielle sur la signalisation routière. Un signal d'aide à la conduite est ajouté sous chaque R17, composé d'un losange jaune et d'un point d'exclamation de couleur bleue qui clignote 3 secondes avant l'ouverture du R17. La gestion du trafic est réalisée par des automates de carrefours. Les services de gestion de la voirie sont en charge de leur programmation et de leur maintenance.

Figure 11 - Feu R17 et signal d'aide à la conduite
du carrefour n° 34 rue Audin
(photo BEA-TT)



2.4 - Les matériels roulants en circulation sur la ligne T4

La ligne est exploitée avec deux types de matériel : le Dualis Nouvelle Génération d'Alstom qui assure les circulations entre Bondy – Aulnay et Bondy – Montfermeil et l'Avanto de Siemens qui assure les circulations entre Bondy et Aulnay. Dans les deux cas, les rames sont exploitées en unité simple en service commercial.

2.4.1 - Dualis d'Alstom

Le Dualis, de la série U53700, est une automotrice électrique articulée à plancher bas, d'une longueur de 42 mètres et d'une masse à vide de 77 tonnes. La rame concernée par la dérive est de ce type et porte le numéro de série TT414.

Construit par Alstom, ce matériel de type tram-train peut circuler sur l'ensemble de la ligne T4 et assure donc les liaisons Bondy-Aulnay et Bondy-Montfermeil depuis septembre 2019, en unité simple. Ce matériel roulant est bi-tension (750 V ou 25 kV) et est équipé de roues mixtes.

Ce matériel roulant a deux modes d'exploitation possibles (train ou tramway) avec des particularités propres (vitesse technique limite, signalisation lumineuse extérieure, sonore, etc). En service commercial sur la ligne T4, il est exploité uniquement en mode tramway. Sa vitesse maximale commerciale est alors de 50 km/h.



Figure 12 - Rame Dualis TT414 au dépôt
(photo BEA-TT)

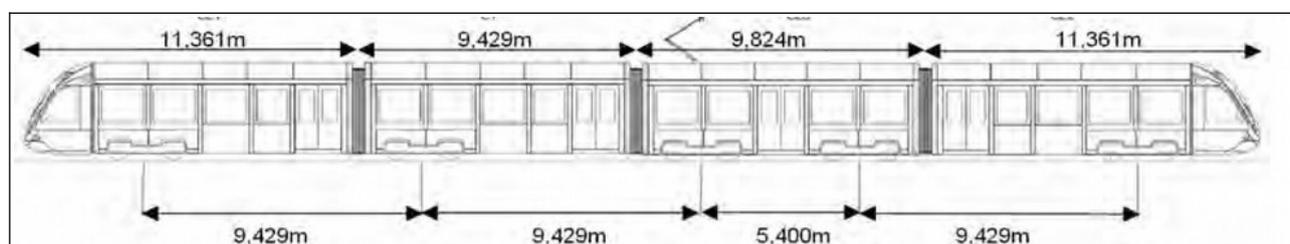


Figure 13 - Diagramme d'une automotrice U53700 (source SNCF)

Pupitre

Le poste de conduite est constitué entre autres :

- d'un pupitre de conduite présentant divers éléments relatifs à la commande des appareillages (manipulateur traction/freinage...) et un dispositif de veille automatique² ;
- d'un écran SIE (Système Informatique Embarqué) assurant l'Interface Homme-Machine (information du conducteur, diagnostic atelier, etc.) ;
- d'un écran vidéo affichant les images des diverses caméras (intérieur et extérieur de la rame) ;
- d'une armoire des appareils électriques.

² Dans le domaine ferroviaire et des transports guidés urbains, la veille automatique est un système permettant de s'assurer en permanence que le conducteur est présent à son poste et conscient. Nous l'identifierons dans ce rapport comme la Veille Automatique avec Contrôle du Maintien d'Appui (VACMA).

Ce matériel étant concerné par l'événement, nous sommes amenés ci-après à détailler le pupitre et certains organes de conduite à la disposition du conducteur.



Figure 14 - Photo du pupitre du Dualis TT414 (photo BEA-TT)

Le manipulateur traction-freinage

Le manipulateur est l'équipement qui permet au conducteur de passer une consigne de traction ou de freinage. La valeur de la consigne d'accélération ou de freinage varie en fonction de l'angle de commande. La position avant correspond à une demande de traction, la position arrière à une demande de freinage et la position médiane correspond au neutre (ou marche sur l'erre). Le manipulateur présente quatre plages : le « Neutre », la « Traction » (modulable), le « Freinage » (modulable) et le « Freinage d'Urgence ». La position du manipulateur sur « Neutre » est indiquée sur l'interface homme-machine par une icône affichée au pupitre et sur le levier, par un cran. Le « Freinage d'Urgence » est atteint en extrémité de la plage « Freinage », par un cran. Le freinage d'urgence, une fois enclenché, est irréversible et freine la rame jusqu'à son arrêt total.

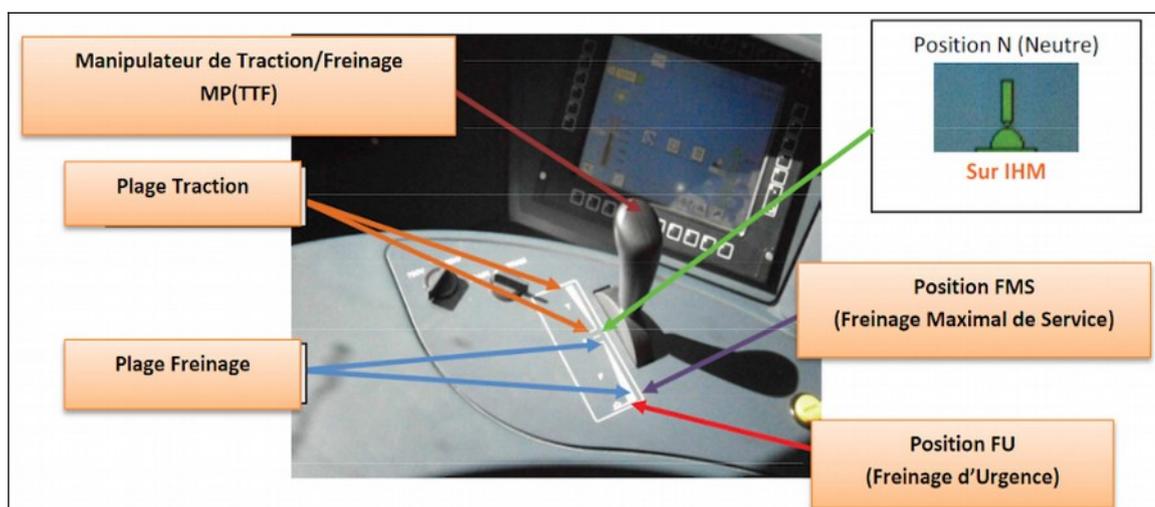


Figure 15 - Détail du manipulateur de traction-freinage MP(TTF) (source SNCF)

Plusieurs commutateurs sont disponibles au pupitre :

- **Sélecteur de sens de marche Z(DIR)** : il présente trois positions stables : AV pour marche avant, AR pour marche arrière et 0 pour la position dite « neutre ».
- **Commutateur Tram/Train** : il présente deux positions stables : TRAM et TRAIN.

- **Bouton-poussoir disjoncteur BP(DJ)** : ce commutateur a deux positions stables (ouverture, maintien) et une instable (fermeture avec rappel sur maintien). Il permet à l'opérateur d'ouvrir ou de fermer le disjoncteur principal.
- **Bouton-poussoir d'urgence BP(URG)** : commandé manuellement, ce bouton-poussoir (ou bouton coup de poing) active le frein de sécurité. Sur le Dualis, le BP(URG) se situe à gauche sur le pupitre. Il s'agit du « champignon » rouge. Sur l'Avanto, il est à droite du pupitre.
- **Bouton-poussoir dépréparation BP(DPRE)** : sa commande manuelle coupe l'alimentation générale du train (hormis la basse tension permanente) et entraîne la descente automatique du pantographe. Cette commande doit s'effectuer à la fin du service du train. Une rame dépréparée³ est immobilisée avec un freinage mécanique maximal.
- **Commutateur Z(PT)** : il présente deux positions stables, qui commandent la montée et la descente du pantographe.
- **Avertisseurs sonores** : le matériel roulant est équipé de deux dispositifs d'avertisseur sonore lorsqu'il circule en mode Tram :
 - Le gong : le son reproduit le tintement d'une cloche. Il permet au conducteur de signaler sa présence sans générer trop de nuisance sonore pour l'environnement urbain, à l'approche d'une traversée routière ou lors de son franchissement, en présence de personnes sur la traversée ou à proximité immédiate.
 - Le klaxon : le son reproduit le klaxon d'un véhicule routier (camion, bus). Les conducteurs ne doivent utiliser le klaxon qu'en cas d'urgence ou de danger immédiat, si l'utilisation du gong n'a pas été suivie d'effet.

En mode Train, l'avertisseur sonore devient un sifflet bi-ton à air, de puissance sonore importante.

2.4.2 - Avanto de Siemens



Figure 16 - Rame Avanto de Siemens à la station Gargan
(source Wikipédia – Oyam Hartog)

En exploitation depuis novembre 2006, les trams-trains Avanto U25500 ont été rénovés entre septembre 2018 et février 2020. Ces véhicules sont aptes à rouler aussi bien sur le réseau ferré national français que sur des réseaux urbains de tramways, entre autres parce qu'ils sont bicourants (750 V et 25 kV). Toutefois, ce matériel est équipé de roues ferroviaires ne lui permettant pas de circuler sur des rails à gorge. Pour cette raison, parmi d'autres (pente maximale, attelage), l'Avanto n'est pas compatible à la circulation sur la partie urbaine de la ligne T4 et ne circule que sur la partie historique, entre Aulnay-sous-Bois et Bondy. L'utilisation de ce matériel est strictement interdite à partir du débranchement à Gargan jusqu'à Hôpital de Montfermeil.

³ Sur une rame dépréparée, la rame doit être à l'arrêt, aucune cabine n'est activée et les équipements de la rame utilisant la basse tension ne sont pas alimentés.



Figure 17 - Schéma du pupitre de conduite de l'Avanto sur la ligne T4 (photo SNCF)

Les 15 rames Avanto sont destinées à être remplacées en 2023 par des rames Dualis supplémentaires.

Si ce matériel est utilisé régulièrement par les conducteurs, ce n'est pas celui qui est en cause dans la dérive.

2.4.3 - Les types de frein et les modes de freinage

Types de frein

Les différents freinages sollicitent plusieurs types de frein :

- un frein électrodynamique permet de réaliser un freinage par récupération électrique ou rhéostatique.
- un frein électrohydraulique est assuré par une centrale hydraulique et des freins à disques, à raison de deux disques par bogie moteur et de quatre disques par bogie porteur.
- un frein électromagnétique, non modérable, est constitué de patins électromagnétiques de type monobloc, situés sous les bogies, et venant s'appliquer sur les rails. Chaque bogie est équipé de deux patins de frein électromagnétique.

Modes de freinage

On distingue 5 modes de freinage à disposition de l'agent de conduite. Ces modes combinent les différents types de freins vus ci-dessus :

- Le **freinage de service** assure la décélération de service. Le frein électrodynamique assure seul le freinage de service, un complément de frein électrohydraulique est nécessaire pour le freinage maximal de service (FMS). L'effort de freinage est proportionnel à l'angle formé par le manipulateur dans la zone freinage par rapport à la position « Neutre ».
- Le **freinage d'urgence** (FU) est assuré par le frein électrodynamique avec le frein électrohydraulique et avec l'aide du frein électromagnétique. L'équipement d'anti-enrayage et la correction des efforts de freinage en fonction de la charge de la rame sont actifs. Le freinage d'urgence peut être déclenché :
 - par un agent de conduite en positionnant le manipulateur sur le cran FU,
 - par un équipement de sécurité, par exemple lors d'une non-activation de la veille automatique,
 - lors d'une détection de dérive.

En cas de FU, sur le pupitre de la rame, l'interface homme-machine indique sur l'un des écrans la cause du FU. Des messages possibles sont « *FU déclenché par la dérive* » ou « *FU déclenché par la position FU du manipulateur* ».

- Le **frein de sécurité**, est assuré par les freins électrohydrauliques et les freins électromagnétiques (le frein électrodynamique est systématiquement inhibé dans cette phase). L'équipement d'anti-enrayage et la correction des efforts de freinage en fonction de la charge de la rame sont inhibés. Ce frein est commandé manuellement par le conducteur, via un bouton-poussoir (ou bouton coup de poing) appelé BP(URG).
- Le **frein d'immobilisation** permet d'effectuer l'immobilisation de la rame lors des arrêts en ligne ou en station. Il est assuré par le frein électrohydraulique de chaque bogie. Il est appliqué automatiquement à un niveau d'effort prédéterminé lorsque la vitesse du véhicule est inférieure à 2,5 km/h et lorsque le manipulateur de traction est en position « Neutre » ou « Freinage ».
- Le **frein de parking ou de stationnement** permet d'effectuer l'immobilisation de la rame dépréparée. Il est assuré par le frein électrohydraulique de tous les bogies, appliqué automatiquement à son niveau d'effort maximal.

Pour les arrêts normaux, en pied de feu ou en station, le conducteur utilise le freinage de service. Les freinages d'urgence et de sécurité ne sont utilisés qu'en cas de danger.

Système de détection de dérive

Une dérive, comme dit précédemment, correspond à un déplacement incontrôlé d'une rame. Sur détection d'une incohérence de déplacement différent de la consigne de sens de marche par la rame, un freinage d'urgence est automatiquement déclenché afin de stopper la dérive. Le système anti-dérive est activé dès la détection d'un mouvement de la rame à une vitesse supérieure à 0,7 km/h.

2.5 - L'exploitation et la maintenance de la ligne T4

Par délégation du directeur de l'activité Transilien, le directeur de l'établissement Tram-Train Paris Est (ETTPE) est désigné exploitant de la ligne T4.

2.5.1 - La conduite sur la ligne T4

La ligne T4 est constituée jusqu'à la station Arboretum de deux voies sur lesquelles la circulation en sens normal s'effectue à droite. En exploitation, la circulation ne peut se faire qu'en sens normal. Il est interdit de faire marche arrière sauf cas exceptionnel prévu par procédure. Les rames sont conduites à partir du poste de conduite de tête et dans le sens indiqué ci-dessus, selon le principe de la conduite à vue : le conducteur adapte sa vitesse et conditionne son rythme de conduite à son environnement et à la partie de voie qu'il aperçoit devant lui, de manière à être en mesure de s'arrêter devant un signal fermé ou à la vue d'un obstacle déjà présent sur sa trajectoire ou d'une rame le précédant. De façon globale, la vitesse limite de conduite est 50 km/h en mode nominal. En certains points, des vitesses limites sont soit affichées par des indicateurs de vitesse limite selon le tracé de la voie, soit prescrites par une consigne globale, connue des conducteurs.

Seules les personnes titulaires de l'habilitation délivrée par l'Établissement Tram-Train Paris Est sont autorisées à conduire une rame sur la ligne T4. Le conducteur est responsable de la marche de son véhicule. Il est tenu de respecter les signaux comportant des prescriptions absolues. Il ne peut s'affranchir des obligations définies par des règles d'exploitation ou imposées par la signalisation.

2.5.2 - La régulation du trafic de la ligne T4

Organisation

La responsabilité de la sécurité et de la régularité des circulations incombe au Poste de Commande de la ligne T4 (PCT4) situé à Noisy-le-Sec : sa mission principale est d'organiser les mouvements sur la ligne dans le respect de la sécurité des voyageurs, du personnel, des tiers et des biens ainsi que du service commercial et en fonction des situations particulières.

Le PCT4 a autorité opérationnelle sur tous les agents présents en ligne : les conducteurs, les mainteneurs, les équipes commerciales sur le terrain. Il est l'interlocuteur désigné pour tous les services et personnes devant intervenir sur l'exploitation. Ainsi, les conducteurs et tous les intervenants sur la ligne exécutent les directives données par le PCT4. Toutefois, ils conservent l'entière responsabilité des actions qu'ils effectuent et doivent, en face d'une situation d'urgence, dangereuse ou mettant en cause la sécurité, prendre les dispositions qui s'imposent immédiatement, sans attendre d'ordre du PCT4.

Au PCT4, deux postes sont occupés tout au long de la journée d'exploitation :

- le Régulateur, responsable de l'exploitation pour les aspects mouvement de la ligne, chargé de la sécurité de l'exploitation, de l'organisation de la circulation des mouvements et de l'exécution de certaines tâches de sécurité ;
- le Gestionnaire des moyens, assurant le suivi des conducteurs et du matériel roulant en opérationnel.

Le système d'aide à l'exploitation et à l'information voyageurs (SAEIV)

Le suivi de position des rames par le PCT4 est effectué grâce au SAEIV. Le système permet également les liaisons du PCT4 avec les conducteurs, par phonie ou transmission de données. Les liaisons avec les équipes mobiles de ligne se font par appareils portatifs. La gestion technique centralisée (GTC) permet sur la branche urbaine de la ligne de connaître la situation de l'énergie de traction, des itinéraires sur les zones de manœuvre gérées par la signalisation ferroviaire, des équipements de station, de la vidéoprotection d'exploitation des stations et sur certains points remarquables du réseau, des alarmes techniques. La GTC conserve un historique des événements.

Enfin, un mur d'images issues des caméras de vidéoprotection implantées en station, sur certains carrefours et sur des sous-stations électriques, permet d'avoir une vision globale de la régulation des circulations et une supervision des installations de la ligne. Ces vidéos sont projetées en temps réel mais ne peuvent pas être visionnées depuis le PCT4.



Figure 18 - Tableau synoptique et murs d'images de vidéoprotection au PCT4 (photo BEA-TT)

2.5.3 - La maintenance de la ligne T4

Sur l'extension Clichy-Montfermeil de la ligne T4, l'Établissement Tram-Train de Paris Est a en charge la maintenance des infrastructures urbaines, comprenant la plateforme, les voies, la ligne aérienne de contact, les sous-stations de traction, les stations et leurs équipements. Le pilotage de cette maintenance est réalisé par un directeur technique. L'Établissement s'assure de la sécurité des interventions en interne et de la coordination des travaux. Il est en interface avec les différents services de gestion de la voirie et en charge du suivi de ces interventions extérieures.

L'unité opérationnelle Matériel de l'ETTPE assure la maintenance des Dualis et des Avanto. Ses missions sont notamment de réaliser l'entretien curatif et préventif des rames, et d'assurer la gestion des mouvements de rames sur le site de maintenance et le suivi de leur remise à disposition à l'exploitant. L'unité opérationnelle Matériel applique les règles ou les modifications transmises par la Direction Matériel de SNCF Voyageurs. Cette direction nationale assure, dans le respect des règles de sécurité conformément au dossier de sécurité du matériel roulant, les missions suivantes : éditions ou modification des procédures de maintenance, réalisation des dossiers de modifications ou acceptation du matériel roulant, expertise technique, suivi de la configuration du matériel et des évolutions. À noter que les rames sont sous garantie Alstom pendant deux ans après leur fourniture.

2.5.4 - La formation des conducteurs de la ligne T4

Les personnels assurant une tâche de sécurité suivent une formation initiale validée par un contrôle ou un examen.

Les principes de la formation sont édictés par les directions métiers de SNCF Voyageurs en appui à l'ETTPE. Chaque domaine technique développe, valide et suit le contenu de ses formations. La formation porte sur l'ensemble de la ligne (partie historique et extension) et sur les deux matériels roulants (Dualis et Avanto).

La Direction Traction de la SNCF pilote aussi le contenu des formations des conducteurs. Un cahier des charges national de formation des conducteurs de tram-train précise le rôle des acteurs de la formation ainsi que les missions du commanditaire en accord avec les préconisations de l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire (EPSF). Il permet à l'ETTPE d'élaborer le cahier des charges local de la ligne T4, en le complétant avec les demandes et les besoins propres de l'unité opérationnelle (retours d'expériences, évolutions, etc.).

Les attendus de la formation de conducteur de la ligne T4 sont décrits ainsi :

« L'acquisition des compétences nécessaires en situation est l'objectif de la formation. Les formés devront à l'issue de la formation de base : comprendre les systèmes, connaître les procédures réglementaires et techniques, maîtriser les gestes métier du premier emploi, connaître le fonctionnement de la rame Dualis et Avanto, garantir la sécurité et une prestation de qualité pour le service commercial, pouvoir évoluer professionnellement, comprendre l'organisation de l'entreprise. Les compétences sont validées par l'évaluation initiale. »

Cette formation est réalisée avec une partie dite « générique » et une dite « d'application ». La formation générique, ou théorique, est assurée par un Centre de Production de Formations Traction, par les Cadres Transport Traction (CTT, premier niveau de management) de l'unité opérationnelle, par des formateurs internes et des moniteurs. La formation des futurs conducteurs de la ligne T4 se déroule d'abord en salle, puis alterne avec de la conduite individuelle sur le simulateur, avant de se poursuivre par

un stage en ligne d'observation du conducteur, et enfin elle se termine par une formation de conduite en ligne.

En complément de la formation, les conducteurs se voient remettre plusieurs documents : le livret de conduite Avanto, le livret de conduite Dualis, le référentiel conducteur de tram-train avec un complément spécifique à Bondy-Aulnay / Bondy-Montfermeil. Les livrets décrivent chacun des matériels roulants de la ligne T4 et les référentiels conducteurs indiquent les règles de conduite.

Le CTT référent « formations initiales » est désigné pour suivre et valider les étapes de la formation. Pour la partie d'application, les CTT de l'unité prennent en charge la formation pratique, adaptée à la ligne T4. Comme précisé dans le cahier des charges national pour la formation initiale des conducteurs de tram-train, l'équipe pédagogique doit « *s'attacher particulièrement à l'acquisition par les stagiaires de la compréhension des systèmes ferroviaires même s'ils ne sont pas tous mis en œuvre lors du premier emploi* ».

Le simulateur de conduite est composé de trois grands écrans diffusant le visuel urbain extérieur, de 6 écrans sur le pupitre pour l'interface homme-machine, de boutons et manettes aux emplacements identiques au Dualis. Le formateur accompagne les apprenants sur le simulateur. Un apprentissage des gestes classiques de conduite est d'abord engagé. Puis des scénarios à risque sont prévus tels qu'un véhicule franchissant son feu rouge, un piéton traversant devant le tramway, une panne, etc. Un simulateur Avanto existe également.



Figure 19 - Simulateur en fonctionnement avec l'opérateur tractionnant au manipulateur
(photo BEA-TT)

La durée nominale de la formation à la ligne T4 est de 67 jours : 52 jours de formation générique et 15 jours de formation d'application. Cette durée n'inclut pas les différents pré-requis pour entrer en formation.

Lors de la session de formation 2020, il a été formé 8 élèves en deux groupes avec un formateur par groupe. La formation consistait en 5 à 6 cours par jour, impliquant un important travail personnel et quotidien, avec des révisions le soir et des contrôles réguliers.

Les évaluations des conducteurs sont réalisées en interne sous la responsabilité du Directeur de l'établissement et portent sur l'acquisition des compétences nécessaires face aux différentes situations de métier, traitant des domaines « savoir » mais également du « savoir-faire » et du « savoir-être ».

Chaque année, tout conducteur participe à un cycle de formation continue.

2.6 - Le cadre réglementaire et les autorisations d'exploitation

La ligne T4 est séparée en deux parties : la partie historique entre Aulnay et Bondy, et la partie récente de l'extension vers Hôpital de Montfermeil.

Avant le 16 juin 2019, la première partie - historique - était régie par le décret n° 2006-1279 du 19 octobre 2006 relatif à la sécurité des circulations ferroviaires et à l'interopérabilité du système ferroviaire. La conception et la réalisation de l'extension, quant à elles, dépendaient du décret n° 2003-425 relatif à la sécurité des transports publics guidés (STPG).

Entré en vigueur le 16 juin 2019, le décret n° 2019-525 du 27 mai 2019 relatif à la sécurité et à l'interopérabilité du système ferroviaire a abrogé le décret n° 2006-1279, suite à la transposition du quatrième paquet ferroviaire. Depuis cette date, l'ensemble de la ligne commerciale est désormais soumis au décret STPG.

Étant donné que les demandes d'autorisation ont été déposées avant le 16 juin 2019, un dossier de sécurité du Dualis U53700 a été instruit par l'EPSF qui a délivré, le 13 mars 2019, son autorisation de mise en exploitation commerciale des rames sur la section de ligne empruntant le réseau ferré national. Les services du préfet de région, s'appuyant notamment sur le Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG), ont également instruit un dossier de sécurité du Dualis pour autoriser sa circulation sur l'extension de la ligne T4 le 13 décembre 2019.

Afin de mettre en service l'extension de Gargan à Hôpital de Montfermeil, un dossier de sécurité a été déposé auprès du préfet par Île-de-France Mobilités, accompagné de l'avis de l'organisme qualifié agréé. Ce dossier a été instruit entre autres par le Département de la Sécurité des Transports Guidés (DSTG)⁴ et le STRMTG. Une approbation préfectorale a permis d'autoriser la mise en exploitation du tronçon entre Gargan et Arboretum le 13 décembre 2019. Le tronçon entre les stations Arboretum et Hôpital de Montfermeil a été autorisé puis mis en service le 31 août 2020.

À la date du 8 novembre 2020, le règlement de sécurité de l'exploitation (RSE) de l'extension de la ligne T4 présente les mesures d'exploitation et de maintenance nécessaires pour assurer pendant toute la durée d'exploitation du système, la sécurité du public. Des consignes (ou référentiels) de SNCF Voyageurs déclinent ce RSE. Le contrôle pour le compte de l'État de l'exploitation et de la maintenance de la ligne T4 est réalisé par le DSTG.

Selon le guide du STRMTG et de l'EPSF intitulé « Les systèmes ferroviaires, guidés et mixtes – Terminologie » le système de transport T4 est un système tramway. Commercialement, il est identifié comme « tramway T4 » par IdFM et SNCF. Dans ce rapport, nous avons repris le vocable « tramway » quand il s'agit du système ou le vocable « tram-train » quand il s'agit du matériel roulant ou qu'il est cité de la sorte dans un document d'exploitation.

4 Au sein de la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports (DRIEAT) d'Île-de-France, le Département de la Sécurité des Transports Guidés (DSTG) est chargé du contrôle de la sécurité des tramways en Île-de-France.

3 - Compte rendu des investigations effectuées

3.1 - L'emplacement des différentes rames au moment de la dérive

Le 8 novembre 2020 à 12 h 05, deux rames Dualis sont présentes entre les stations Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie.

- la rame TT414 monte depuis la station Maurice Audin vers Clichy-sous-Bois-Mairie ;
- la rame TT413 circule dans le sens opposé.

Dans cette zone, la déclivité atteint 7 %.

Au moment où la dérive commence, la rame TT414 est à quelques mètres du feu R17 situé en haut de rampe avant la station Clichy-sous-Bois-Mairie.

Figure 20 - Position d'une rame à l'emplacement de la TT414 juste avant le début de la dérive
(photo BEA-TT)



Figure 21 - Vue de la zone de dérive, voie montante
(photo BEA-TT)

À la fin de la dérive, la rame TT414 engage une partie du quai de la station Maurice Audin (voir Figure 1).

Les positions des rames TT414 et TT413 sont indiquées sur les plans ci-après.

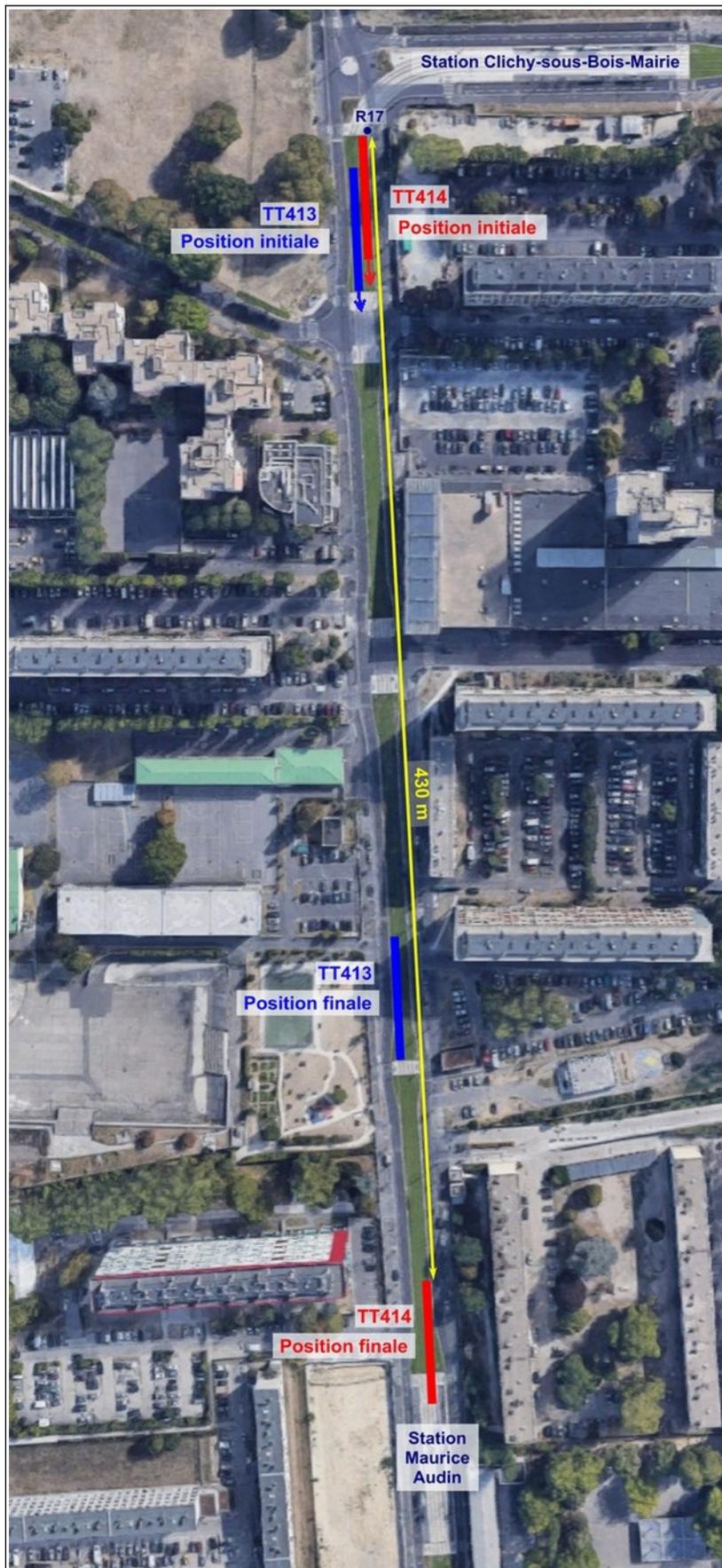


Figure 22 - Schéma de position des rames au début et à la fin de la dérivation
(source Google Maps)

3.2 - Les résumés des déclarations

Les résumés présentés ci-dessous 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 recueillies et les constats ou les analyses présentés par ailleurs. Une partie des témoignages a été confirmée par les enregistrements des échanges verbaux effectués via la radiophonie de l'exploitant.

3.2.1 - *Le conducteur de la rame dérivante*

Embauché à la SNCF en mai 2020, l'agent a commencé par une semaine d'accueil et de découverte du métier. La formation « conducteur » a débuté le 16 juin 2020. Il a obtenu son examen le 23 octobre 2020, avec de très bons résultats. Il a commencé à conduire le 24 octobre 2020, sur le tronçon Aulnay-Bondy. Il a conduit plusieurs jours sur cette partie. Puis il a réalisé un aller-retour sur l'extension vers Hôpital de Montfermeil avec son cadre transport traction afin d'effectuer son suivi post-habilitation – et il a continué et fini sa journée sur l'extension. Les jours suivants, il a de nouveau conduit sur Aulnay-Bondy.

Le dimanche 8 novembre, pour le premier trajet de sa journée de travail, il prend son service vers 11 h 30. Quand il regarde le tableau d'affichage des services, le PCT4 l'appelle pour lui demander de prendre la rame 414, qui est en circulation. Son départ est prévu pour 11 h 44 à destination de l'Hôpital de Montfermeil. Il croise au terminus le conducteur cédant qui lui indique qu'il n'y a pas de souci sur cette rame. Il rentre dans la rame et fait ses essais de prise de cabine dont celui de frein, de veille automatique, et il vérifie le carnet de bord. Il amène la rame sur le quai de départ à Bondy. Il s'enregistre sur l'ATESS. Il prend ses passagers et effectue le départ. C'est un trajet normal, rien ne sort de l'ordinaire.

Arrivé en station Maurice Audin, le conducteur gère la descente et la montée des voyageurs. Puis il repart. Il parcourt la rampe, qui est la plus forte déclivité de la ligne. Au sommet, il arrive au R17 fermé et il vise à s'arrêter au pied de ce feu. Le conducteur indique, en approche du carrefour, s'être laissé glisser « sur l'erre » jusqu'à l'arrêt et s'immobiliser. Il sent la rame qui s'arrête. Il dit se mettre au neutre. Il tourne le sélecteur de marche sur zéro, dans le but de s'immobiliser, croyant enclencher les freins d'immobilisation. Il ajoute avoir pensé que le fait de mettre Z(DIR) sur zéro immobilise la rame, l'empêche de bouger : « comme un frein à main ». Il explique que « l'immobilisation » sert à s'assurer que la rame est bien arrêtée et ne bougera plus.

La dérive commence et il est surpris. Lorsqu'il sent la rame commencer à reculer, il regarde sur son pupitre le voyant du FU anti-dérive, attendant qu'il s'allume afin de confirmer l'activation du dispositif. Puis il se rend compte que le FU anti-dérive ne s'active pas et il est surpris de nouveau. Il l'avait testé auparavant, avec un formateur, et avait été rassuré et était confiant dans ce système de sécurité. Son premier réflexe est de tractionner pour compenser la dérive. Il sent que la rame ne réagit pas. Son second réflexe est de freiner. Or il ne ressent aucune sensation de freinage (ni bruit, ni sifflement, ni réaction de la rame). Il indique avoir perdu tout repère d'espace, le fait de partir en arrière le désoriente : il a l'impression que le fait de ramener le manipulateur vers lui (en position freinage) accélère le mouvement donc il tractionne. La rame prend beaucoup de vitesse. Il y a un mouvement de panique des passagers qui tapent sur la porte de sa cabine et crient au secours, augmentant son stress. Il actionne le freinage à plusieurs reprises, il tente par tous les moyens d'arrêter la rame. Il pense avoir freiné d'urgence via le manipulateur plusieurs fois et sans effet. Il dit actionner le bouton poussoir à sa droite qu'il croit être le BP(URG) mais il ne réalise pas qu'à cet emplacement pour le Dualis, c'est le bouton-poussoir de dépréparation. Il a confondu avec l'Avanto. Tout ce qu'il fait ne

produit pas d'effet. Le stress monte. Il freine de nouveau, sans aucune sensation de freinage. Il fait des allers-retours avec son manipulateur entre la traction et le freinage, espérant réenclencher une action de la rame mais il ne se passe rien. Afin d'avertir les tiers derrière sa rame partie à reculons, il met la rame en mode Train et siffle pour prévenir (selon une procédure propre à la partie historique Aulnay-Bondy, qui indique qu'il faut siffler en cas de dérive). Il a déjà gongué au cours de la dérive mais le sifflet est plus fort. Finalement, il sent que quelque chose se passe enfin. Il indique ne plus se souvenir quel geste il a réalisé pour arrêter la rame mais le freinage fonctionne enfin.

La rame s'arrête non loin du quai de la station Maurice Audin. Il contacte le PCT4 et les informe de la dérive, qu'il estime alors à plus de 100 mètres. Étant donné que des passagers ont tiré des poignées d'alarme, une fois la rame à l'arrêt, les portes sont déverrouillées : une grande partie des passagers sortent par eux-mêmes, dans le calme.

Par téléphone, la cadre d'astreinte lui dit d'attendre qu'elle arrive accompagnée de l'agent référent conduite (ARC). À leur arrivée sur site, l'ARC le relève au poste de conduite de la rame. Le conducteur monte en voiture avec la cadre d'astreinte. Ils suivent la rame TT414 avec laquelle l'ARC fait des tests dans la montée. Puis le conducteur rentre avec le tramway conduit par l'ARC jusqu'à Bondy.

3.2.2 - Le conducteur de la rame parallèle

Il a été embauché en mai 2019 par la SNCF et il conduit sur la ligne T4 depuis novembre 2019, après 4 à 5 mois de formation. Au début, il a surtout conduit sur Bondy-Aulnay. Puis à l'ouverture de l'extension, il ne circulait que sur Bondy-Montfermeil.

Le 8 novembre 2020, sa prise de service est classique. Vers 15 h, il dessert la station Clichy-sous-bois-Mairie. Puis il redémarre, il passe le virage serré à moins de 15 km/h et entame la descente. Il y a un panneau de limitation de vitesse pour le tramway à 30 km/h et avant de passer ce panneau, il croise le conducteur de la rame TT414 en train de monter. Ils se saluent comme d'habitude, il n'y a rien de spécial.

Au droit du panneau de limitation, il accélère un peu. À ce moment-là, il entend siffler derrière lui. Puis il passe sur une balise au sol, qui prend ainsi en compte son arrivée sur le carrefour devant lui, mettant au rouge les feux routiers et lui donnant son autorisation de passage. Il aperçoit alors une rame qui le dépasse sur sa gauche : ça le surprend dans sa conduite, ce n'est pas normal. Les deux rames passent côte à côte le carrefour. Il est en dessous de 30 km/h, la rame à gauche le dépasse et prend de plus en plus de vitesse. Lui freine et s'arrête. Il voit son collègue en train de siffler et gérer la situation : son collègue est affairé, concentré sur ses actions, assis à son siège. Personne ne traverse en station à l'arrivée de la rame, les gens se sont écartés. Puis il comprend que son collègue enclenche le freinage d'urgence. La rame dérivante s'arrête.

Il est toujours à l'arrêt, pris de peur, car la vitesse de la rame dérivante était élevée. Il repart jusqu'à la station Maurice Audin, où il s'arrête, ouvre les portes, s'équipe de son gilet et se précipite vers la rame de son collègue. Quand il arrive au niveau des portes, il aide à la descente des passagers et vérifie qu'il n'y a pas de blessés. Il répond à quelques questions, les voyageurs étaient compréhensifs. Il rentre dans la rame et voit son collègue : il lui demande s'il est blessé, s'il n'a rien de grave. Le conducteur est choqué. Dans la cabine, tout est enclenché (freinage d'urgence, signal d'alarme...).

Son premier réflexe est de prendre son téléphone et d'appeler le PCT4. Ses interlocuteurs ont du mal à le croire. Il estime la vitesse de la dérive à 50 km/h sur au moins 100 mètres. Il conseille à son collègue de ne pas repartir. Quelqu'un va être envoyé par la cadre d'astreinte. Il demande au conducteur s'il a besoin qu'il reste. La réponse étant négative, il repart avec son tram-train, en service commercial.

3.2.3 - Les deux agents du PCT4 : le régulateur et le gestionnaire de moyens

Le premier agent a été embauché en décembre 2018 en tant qu'agent PCT4 et une fois formé et habilité, il peut donc remplir les deux postes, régulateur ou gestionnaire de moyens. Il agit sur les aspects pré-opérationnels (gérer les rames et leurs défauts, les moyens humains), opérationnels (gérer l'absence de conducteurs, les pannes de rames) et sur la régulation de la ligne. Le jour de la dérive, il est au poste de régulateur.

Le second agent est entré à la SNCF en octobre 2002 en tant qu'agent mouvement au transport, il a ensuite été aiguilleur et agent de circulation. Il réussit la qualification de gestionnaire des moyens en 2010 et il est agent PCT4 depuis 2012. Le 8 novembre 2020, il est au poste de gestionnaire de moyens.

Au cours de la matinée, la situation est classique : il y a quelques pannes de rames et une rame est secourue en ligne avec rapatriement aux ateliers, effectué par l'agent référent conduite (ARC). Après ce secours, la ligne vers Montfermeil reprend une situation nominale.

Vers midi, la cadre d'astreinte est présente avec eux dans la salle du PCT4. Le régulateur est occupé par la rame secourue en train de rentrer. Le gestionnaire de moyens prend un appel d'un conducteur, qui prévient qu'il vient de faire une dérive. Habituellement, une dérive correspond à un patinage et une glissade d'un ou deux mètres, suite à un problème de reprise de traction.

Le gestionnaire de moyens, au téléphone avec le conducteur de la rame dérivante, demande à ce conducteur s'il arrive à reprendre la traction. Le conducteur confirme et indique avoir dérivé sur 100 mètres. Le gestionnaire lui demande alors de ne plus bouger. Les deux agents PCT4 arrêtent les circulations sur la partie urbaine et la voie correspondant à cet événement. Comme il n'y a que deux ou trois rames en exploitation, ils préviennent individuellement les conducteurs.

Cinq minutes plus tard, le conducteur de la rame de la voie d'en face appelle à son tour le PCT4. Il a arrêté sa rame sur l'autre quai de la station Maurice Audin et indique que la rame TT414 a dérivé sur une grande longueur. Il précise que la rame était en haut de la côte et maintenant, elle est à côté de lui en station.

À ce moment-là, juste à côté du local du PCT4, l'agent référent conduite (ARC) était en train de désaccoupler une rame au dépôt. La cadre d'astreinte prend la responsabilité du reste de l'événement. L'ARC et la cadre d'astreinte partent sur le lieu de l'événement. En attendant leur arrivée sur place, les deux agents PCT4 gèrent alors la régulation de la ligne T4.

L'ARC, arrivé sur place, les appelle depuis la rame. Il leur demande l'autorisation pour effectuer des essais, qu'ils donnent car la situation est figée sur la ligne. Il n'y a pas de risque avec une autre rame. Ces essais s'avèrent concluants. L'ARC amène la rame en terminus de Montfermeil puis repart vers Bondy.

Depuis le PCT4, ils ne constatent rien de particulier : pas d'alerte, le SAEIV n'indique rien de spécifique et comme celui-ci délocalise parfois les rames, ils ne s'y seraient pas fiés. Les vidéos ne sont pas affichées pour cette zone de la ligne. C'est au retour de la cadre d'astreinte qu'ils apprennent que la dérive a eu lieu sur une distance estimée à 400 mètres.

3.2.4 - La cadre d'astreinte présente au PCT4 au moment de la dérive

Entrée à la SNCF en juin 2001, elle a conduit des trains de fret, des trains classiques voyageurs, des trains automoteurs. En 2015, elle devient cadre traction. En 2018, elle devient adjointe du dirigeant de l'unité opérationnelle traction de la ligne T4 puis dirigeante de l'unité opérationnelle traction en 2019.

Le 8 novembre, elle est cadre d'astreinte. Elle est présente au PCT4 au moment de la dérive. Le gestionnaire de moyens est au téléphone puis il lui tend le combiné. Elle apprend alors la dérive par le conducteur de la rame parallèle. L'appréciation de la vitesse de la dérive par ce conducteur est de 50 km/h sur plus de 100 mètres : sa première réaction est de lui répondre que « ce n'est pas possible ». Elle suppose que le conducteur n'a pas ramené son manipulateur en freinage ou neutre, empêchant les freins d'immobilisation de se mettre en place, d'où le mouvement en arrière. Mais il y a un système d'anti-dérive qui se déclenche à 0,5 km/h donc elle ne comprend pas pourquoi la rame a fait 100 mètres et pourquoi l'anti-dérive n'a pas fonctionné. Elle demande si ça enraye ou patine dans la montée. Le conducteur de la TT414 répond par la négative. Puis elle décide de se rendre immédiatement sur site, avec l'ARC.

Sur place, le conducteur est choqué. L'ARC réalise des tests sur la rame pour s'assurer que tout fonctionne : à l'arrêt, en avançant par palier, tout marche. Ensuite, il continue les essais avec le freinage d'urgence, tout fonctionne : cela devient très intrigant. La rame est sortie de la production et rentre au dépôt.

Ces premiers témoignages ne lui permettent pas de comprendre sur le moment ce qui a pu se passer. Plus tard, elle a vu la bande ATESS et elle a compris l'événement. La suite de l'enquête s'est faite le lendemain avec le constructeur Alstom. Elle a ensuite échangé avec le conducteur, avec appui de l'analyse faite avec l'ATESS. Il a été choqué : il pensait être immobilisé, il n'a pas réalisé qu'il ne l'était pas.

3.3 - La retranscription des vidéoprotéctions extérieures et intérieures

Bien que des vidéos frontales équipent les Dualis, l'autorisation d'enregistrement demandée par l'exploitant n'a pas été accordée par la préfecture de Seine-Saint-Denis. La vidéoprotection installée sur le mât d'éclairage public en haut de la rampe était défectueuse. Les enquêteurs du BEA-TT ont toutefois pu visionner les vidéos de la station Maurice Audin, de la sous-station électrique située le long du trajet et les vidéos intérieures de la rame TT414.

3.3.1 - La vidéoprotection fixe positionnée en station Maurice Audin

Du fait de son inclinaison, la caméra vidéo installée à la station Maurice Audin ne filme qu'une centaine de mètres après la station : elle ne permet d'observer qu'une petite partie de la dérive et une très faible partie de la rame parallèle TT413 qui s'arrête en ligne avant la traversée piétonne n° 33. Les observations sont les suivantes :

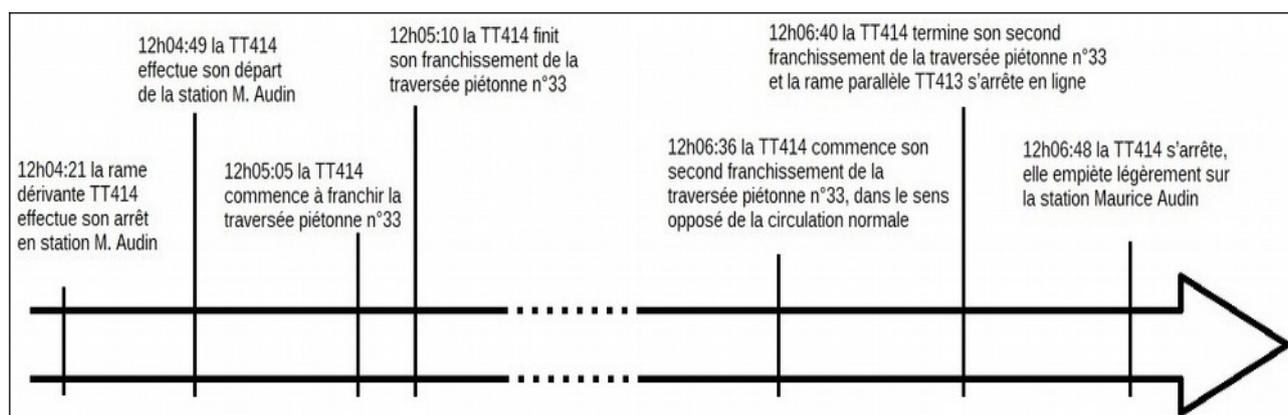


Figure 23 - Chronologie des observations via la vidéo de la station M. Audin

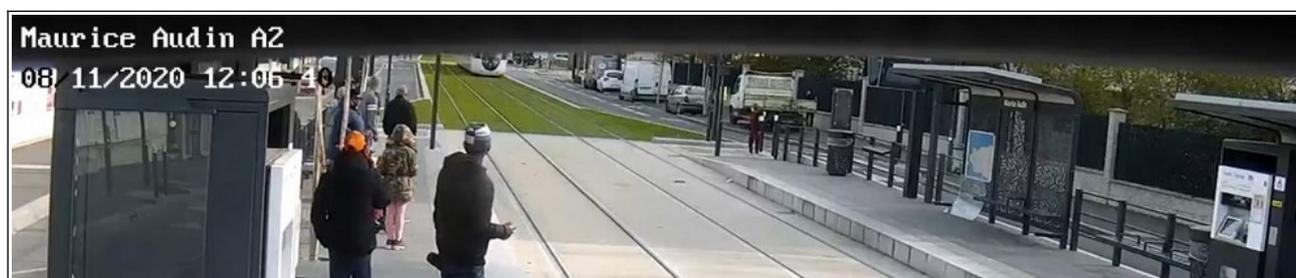


Figure 24 - Vue depuis la station Maurice Audin au moment où la rame dérivante termine son second franchissement de la traversée piétonne n° 33 (source vidéo station M. Audin)



Figure 25 - Vue depuis la station Maurice Audin au moment où la rame dérivante s'arrête (source vidéo station M. Audin)

3.3.2 - La vidéoprotection fixe positionnée à la sous-station au pied de la rampe

La distance entre la caméra de vidéo positionnée à la sous-station et le feu R17 où commence la dérive est importante. Cela rend difficile la visibilité sur les événements. Les observations possibles sont les suivantes :

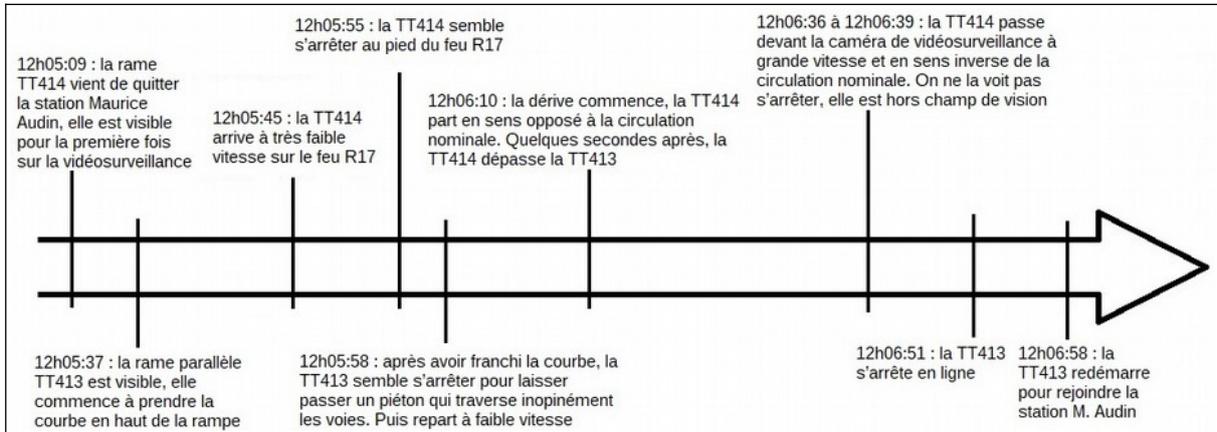


Figure 26 - Chronologie des observations via la vidéo de la sous-station électrique



Figure 27 - Vue depuis la sous-station au pied de la rampe au moment où la rame TT414 vient de quitter la station Maurice Audin (source vidéo sous-station électrique)



Figure 28 - Vue depuis la sous-station au pied de la rampe pendant que la rame TT414 passe à grande vitesse en dérive (source vidéo sous-station électrique)

On remarque que l'attention des piétons est attirée par l'avertisseur sonore actionné par le conducteur.

3.3.3 - La vidéoprotection intérieure de la rame dérivante

Les vidéos embarquées dans la rame TT414 permettent de visualiser les espaces voyageurs et très partiellement, l'extérieur grâce aux parois vitrées. De l'exploitation de l'ensemble de ces vidéos, nous observons principalement que :

- La rame TT414 avance très lentement de 8 à 0 secondes avant la dérive.
- Les passagers commencent à paniquer 18 secondes après le début de la dérive.
- 23 secondes après le début de la dérive, la rame TT414 repasse au niveau de la cabine avant de la rame TT413.
- 24 secondes après le début de la dérive, une première poignée d'alarme est tirée dans la rame TT414.
- La vitesse maximale de la rame est atteinte après environ 36 secondes.
- La rame TT414 s'arrête après environ **44 secondes de dérive**.
- Une minute 38 secondes après le début de la dérive, les passagers de la rame TT414 sortent par les portes en poussant les vantaux.
- À + 2 min 42 s, le conducteur de la rame TT413 arrive à proximité de la rame et parle à des passagers.
- À + 39 min 58 s, la rame TT414 repart, conduite par l'ARC. Il effectue de nombreux essais de freinage et de dérive jusqu'à Arboretum.

L'ensemble de ces enregistrements vidéos confirment les témoignages précédents.

3.4 - Les analyses menées sur la rame dérivante

3.4.1 - Les données de l'enregistreur d'événements de conduite

L'enregistreur ATESS (Acquisition et Traitement des Événements de Sécurité en Statique) est chargé de mémoriser instantanément des événements survenus lors du parcours de la rame, selon une liste définie comprenant les actions sur des commandes. Il équipe chacune des rames de la ligne T4.

La centrale ATESS regroupe plusieurs fonctions dont :

- Une centrale tachymétrique, qui fournit la vitesse, la distance parcourue et des seuils de vitesses aux équipements (indicateur de vitesse, enregistreur). La précision des distances est de 10 mètres et la précision temporelle est d'une seconde.
- Un enregistreur statique qui mémorise les événements de conduite survenus lors du parcours, selon une liste définie comprenant les actions sur des commandes dans la cabine (actions du conducteur, réaction de la rame, signalisation rencontrée).
- Une Veille Automatique avec Contrôle du Maintien d'Appui (VACMA) qui provoque un arrêt automatique de la rame en cas de défaillance physique du conducteur, avec signal au régulateur de ligne. Elle autorise la conduite du train par un seul agent.

La centrale ATESS du 8 novembre 2020 issue de la rame TT414 a été extraite afin de connaître les actions commandées par le conducteur et réalisées par la rame.

Les principales informations sont retranscrites dans le graphe suivant :

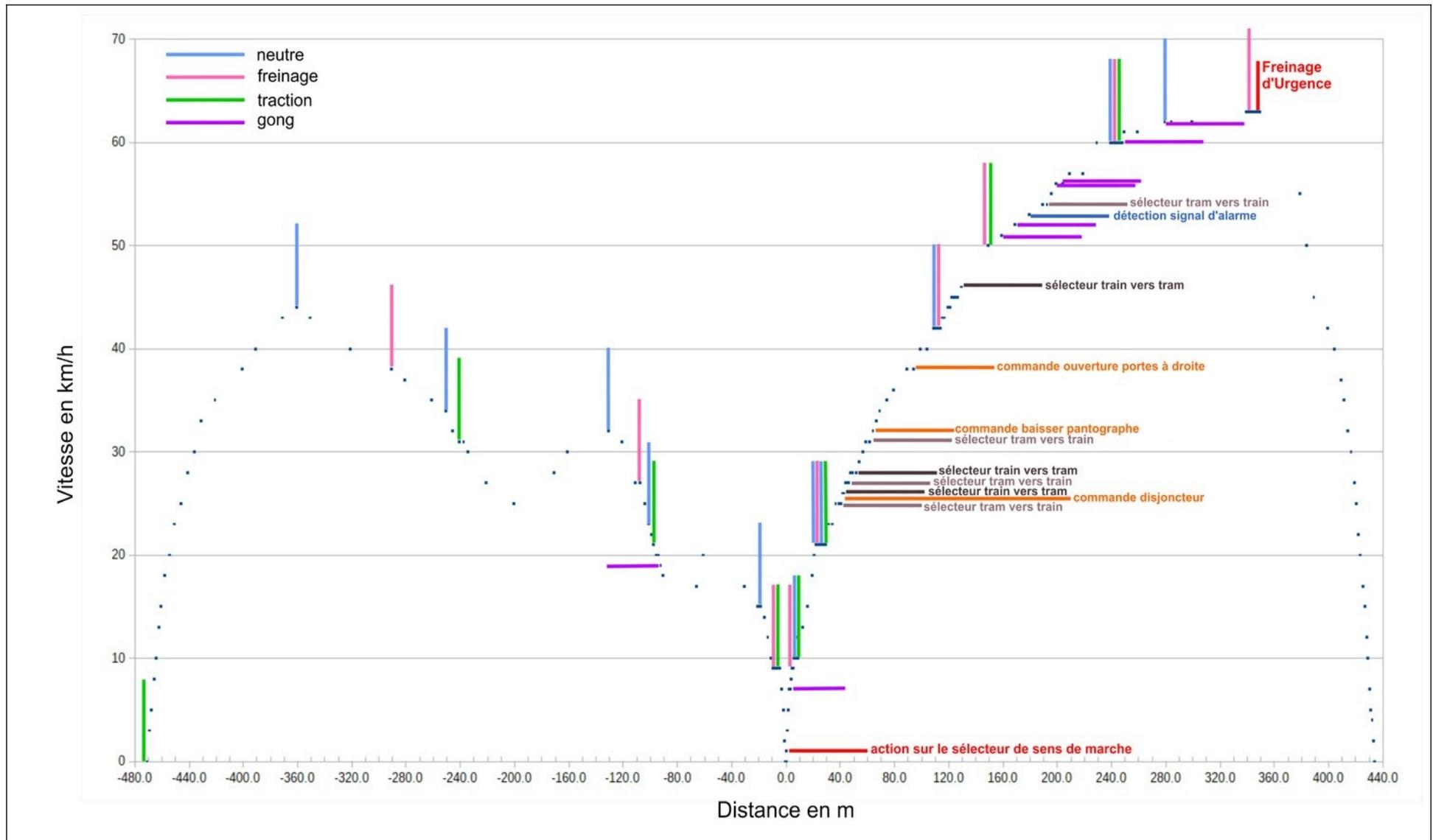


Figure 29 - Représentation de la vitesse en fonction de la distance parcourue et actions associées du conducteur

En approche du feu R17, le conducteur met son manipulateur sur le « neutre » freine puis tractionne de nouveau sur les dix derniers mètres. La dérive commence au moment où le sélecteur de sens de marche est passé de la position « avant » vers la position « zéro », à une vitesse de 1 km/h d'après l'ATESS. À ce moment-là, contrairement au témoignage du conducteur, l'ATESS indique que le manipulateur est resté sur la plage « Traction ».

Le premier réflexe de l'agent est de gonguer 4 secondes après le début de la dérive.

Il actionne pour la première fois le frein après 12 secondes de dérive, à la vitesse de 9 km/h. L'agent actionne le frein pendant une durée inférieure à la seconde, ce qui ne laisse pas le temps à la rame de réagir.

Le conducteur tente à de nombreuses occasions de freiner la rame sans laisser le temps au frein d'agir : il effectue 8 actions de freinage mais sur des durées inférieures à une seconde.

Il réarme la VACMA tout au long de la dérive. Il siffle 6 fois pour prévenir les usagers routiers autour de la rame. Il commande une ouverture du disjoncteur, un abaissement du pantographe et l'ouverture des portes à droite. Aucune action sur le bouton-poussoir de dépréparation n'apparaît dans l'ATESS.

Plusieurs signaux d'alarme sont tirés dans la rame par les voyageurs. Mais dans ce cas, une vitesse nulle et une temporisation sont nécessaires pour l'ouverture des portes. En circulation en ligne, seule l'ouverture effective d'une porte provoque l'application du freinage d'urgence.

L'arrêt est finalement commandé par le positionnement du **manipulateur sur le cran de freinage d'urgence**, 34 secondes après le début de la dérive. **La rame s'arrête 44 secondes après le début de la dérive, en ayant parcouru 430 mètres.**

3.4.2 - Les essais sur la rame dérivante

À la suite de cet événement, la rame TT414 a subi une première phase d'essais en ligne par l'ARC : freinages normaux confirmant l'activation du frein d'immobilisation, freinages d'urgence et vérifications du système anti-dérive. Ils ont permis de s'assurer que la rame TT414 présentait un état nominal de fonctionnement. Notamment, le freinage d'urgence se déclenche bien après une dérive quand le sélecteur reste sur le mode « marche avant » : la rame TT414 dérive sur moins de 10 mètres (seuil de précision de l'ATESS) et ne dépasse pas 3 km/h.

Puis la rame a été rapatriée au dépôt pour le retrait de l'ATESS et l'enquête. À l'atelier, il a été réalisé sur la rame TT414 un essai anti-dérive, un essai de frein complet, un essai des freins d'immobilisation et les mesures pressions hydrauliques. Les résultats ont été satisfaisants.

3.4.3 - L'analyse d'Alstom

La rame est également équipée d'un outil « Train Tracer » du constructeur Alstom.

Occurrence date	Trainset	Label	Speed	TBS_DrvDir	TBS_McPosition
08/11/2020					
12:06:06.498	TTNG_414	Autorisation de traction	1	6	478
08/11/2020					
12:06:09.200	TTNG_414	Autorisation de traction	2	0	1000
08/11/2020					
12:06:10.198	TTNG_414	Autorisation de traction	5	0	1000
08/11/2020					
12:06:20.300	TTNG_414	Evt DJ Continu fermé	27	0	1000
08/11/2020					
12:06:32.000	TTNG_414	Poignée SAI actionnée (RIOM)	52	0	1000
08/11/2020					
12:06:37.500	TTNG_414	Poignée SAI actionnée (RIOM)	60	0	1000
08/11/2020					
12:06:40.098	TTNG_414	Poignée SAI actionnée (RIOM)	61	0	1000
08/11/2020					
12:06:41.999	TTNG_414	FU manip	62	0	-1000

Figure 30 - relevé de l'outil « Train Tracer » (source Alstom)

Le relevé de cet outil indique qu'à :

- 12:06:06.498, alors que train est quasiment arrêté, le sens de marche sélectionné est « avant » (TBS_DrvDir = 6) et le manipulateur de traction freinage est en traction (TBS_McPosition>0).
- 12:06:09.200, **le sens de marche sélectionné est passé à 0 alors que le manipulateur de Traction/Freinage est toujours en position traction.**

Au regard des événements enregistrés dans Train Tracer, Alstom indique que compte tenu du fonctionnel de la rame :

- le **freinage d'immobilisation** ne s'est pas appliqué car le manipulateur traction/freinage était en position traction, au moment de la manipulation du sélecteur de sens de marche de « avant » vers « zéro » par l'agent de conduite ;
- le **frein d'urgence anti-dérive** ne s'est quant à lui pas appliqué, car le sélecteur de sens de marche était à zéro.

Ces deux points vont être étudiés en détail dans les deux paragraphes qui suivent.

3.4.4 - Le frein d'immobilisation du Dualis en rampe de 7 %

Le frein d'immobilisation est réalisé au moyen du frein de service, appliqué automatiquement à vitesse nulle et actif dès que la rame est préparée. Il est non modulable par l'agent de conduite. Il garantit l'immobilisation du véhicule lors des arrêts en station et dans les rampes, et lorsque le conducteur sort de sa cabine.

La vitesse de la rame TT414 étant vue comme nulle par l'ATESS pendant quelques secondes, deux situations ont été étudiées :

- Les freins d'immobilisation se sont appliqués mais n'ont pas tenu. Or, les exigences techniques demandent entre autres qu'il soit assuré de maintenir une rame dans une pente de 7 %, même avec une panne simple et dans des conditions de vent, pendant une durée d'une heure. Avant la mise en service de l'extension, des calculs et des essais ont été réalisés afin de s'assurer des performances de traction et de maintien du Dualis en conditions nominales et dégradées dans la rampe à 7 %. La capacité des

freins d'immobilisation des rames a été vérifiée et validée par calcul puis par essais et conformité. Cette hypothèse a donc été rapidement écartée.

- Malgré la vitesse nulle, les freins d'immobilisation ne se sont pas appliqués. Cette situation se produit lorsque le manipulateur reste dans la plage traction : la commande de freinage par le frein d'immobilisation ne s'active pas. C'est cette situation qui s'est produite le 8 novembre 2020.

Pour obtenir l'immobilisation, le passage du manipulateur sur le neutre ou sur le freinage est indispensable. La vitesse quasi nulle de la rame ne suffit pas à enclencher les freins d'immobilisation. Le conducteur aurait ainsi dû placer son manipulateur sur une autre position que traction : au neutre ou en freinage.

3.4.5 - Les conditions d'activation de l'anti-dérive sur le Dualis de la ligne T4

L'exigence d'arrêt automatique d'une rame partant à tort dans un sens de déplacement différent du sens de marche sélectionné a été intégrée à partir de 2015 par Alstom sur le Dualis.

La position du sélecteur de sens de marche permet de piloter des relais « Marche arrière » et « Marche avant » du matériel roulant Dualis. Les logiciels de la rame se servent des informations prises au niveau des bogies (capteurs de vitesse) et des moteurs (sens de rotation) pour notamment détecter une dérive : le système anti-dérive est activé dès la détection d'un mouvement train (vitesse supérieure à 0,7 km/h) se trouvant en opposition avec le sens de marche sélectionné. Le freinage d'urgence est alors enclenché automatiquement par le matériel roulant, avec application des patins magnétiques si la vitesse est supérieure à 5 km/h. Le freinage d'urgence ne se désactive que lorsque la vitesse de la rame est nulle.

Dans la notice de fonctionnement de la traction produite par le constructeur Alstom et fournie dans le dossier de sécurité transmis au service de contrôle de l'État via la SNCF et IdFM, il est écrit :

« Si aucun sens de marche n'est sélectionné, aucune dérive ne peut être détectée. »

En effet, dans le cas où ni la marche avant, ni la marche arrière ne sont sélectionnées, donc dans le cas où aucune consigne de sens n'est donnée à la rame, il n'est pas possible d'effectuer de comparaison avec le sens de circulation effectif de la rame.

Il est également précisé dans cette notice que *« le changement de sélection de sens est impossible à vitesse non nulle »* et que *« l'ordre n'est pris en compte qu'à vitesse nulle »*. Ainsi lorsque la rame est en mouvement, le sélecteur de sens de marche est shunté et le sens de marche ne peut plus être modifié.

3.4.6 - La vérification de l'atteinte de la vitesse de 63 km/h en roue libre du Dualis

La voie concernée présente une rampe de 7 %. La rame a parcouru 340 mètres depuis le feu R17 jusqu'au lieu où le FU est appliqué. Sa vitesse initiale en haut de la rampe est de 0 km/h. En supposant que la résistance de l'air est négligeable, que la résistance au roulement est négligeable et que la rame roule sans glisser dans la pente, sa vitesse « vf » au bout des 340 mètres est égale à⁵ :

$$(vf)^2 = 2.g.h + v0^2 \text{ (avec } g=9,8\text{kg/N et } h = \text{dénivellation} = 7\% \times 340\text{m)}$$

$$vf = 21,6 \text{ m/s ou } 77,7 \text{ km/h}$$

5 La vitesse ne dépend pas de la masse du Dualis TTNG U53700, de 76,3 tonnes à vide.

Puisque les frottements existent (pénétration dans l'air et frottements rail/roues) et que l'inclinaison de la rampe augmente jusqu'à un maximum de 7 %, la vitesse atteinte doit être un peu inférieure à 77,7 km/h.

Ainsi, la vitesse mesurée de 63 km/h au moment du FU (340 mètres parcourus) est cohérente avec un mobile en roue libre dans une pente atteignant les 7 %.

3.4.7 - Conclusion des analyses menées sur la rame TT414

L'enregistrement par l'ATESS, les informations du logiciel d'Alstom et les essais sur la rame TT414 permettent de conclure que les freins d'immobilisation et l'anti-dérive fonctionnent bien et que le conducteur a passé le sélecteur sur zéro tout en maintenant le manipulateur en position de traction.

Le maintien du manipulateur en position de traction ne permet pas l'enclenchement des freins d'immobilisation, même lorsque la vitesse est nulle. Le positionnement du sélecteur de sens de marche sur zéro ne permet pas à la sécurité « anti-dérive » de s'activer.

Les données de l'ATESS révèlent que au cours de la dérive, les actions de commande du freinage réalisées par l'agent de conduite n'étaient pas suffisamment prolongées pour permettre de freiner puis arrêter la rame. Le fait que le freinage soit actionné à plusieurs reprises via le manipulateur mais relâché immédiatement, conduit à l'inefficacité des freins qui n'ont pas le temps d'être mis en œuvre. Ces actions répétées et brèves sur le manipulateur de frein (serrage/desserrage) ne font pas décroître la vitesse. La vitesse maximale atteinte est cohérente avec une dérive en roue libre de la rame dans la pente.

La rame est freinée jusqu'à son arrêt complet, grâce à l'enclenchement du manipulateur sur le cran de freinage d'urgence à 63 km/h, 34 secondes après le début de la dérive. La rame s'arrête 44 secondes après le début de la dérive, en ayant parcouru 430 mètres.

3.5 - Les vérifications menées sur la voie

Le jour de la dérive, la météo est ensoleillée, le temps est sec : l'état du rail, vérifié par la cadre d'astreinte et l'agent référent conduite, est correct.

Sur la branche urbaine, le dernier nettoyage avant la dérive de la voie 1 a été réalisé le 23 octobre 2020, entre Maurice Audin et Romain Rolland. Cette prestation a été effectuée par un sous-traitant suite à un enrayage. Les travaux suivants ont été réalisés : un nettoyage du fond de gorge de rail à haute pression, un soufflage des feuilles de la zone, désengorgement des boîtes à eau, des aquadains et lumières de rail puis un sablage manuel de la bande de roulement du rail et piquetage des déchets. Le 8 novembre 2020, le délai pour le nettoyage suivant sur la voie 1 était encore respecté.

3.6 - Les conclusions sur la cause directe de la dérive

Le dimanche 8 novembre à 12 h 05, sur la ligne de tramway T4, la rame TT414 arrive à proximité du carrefour n° 36 entre l'allée Maurice Audin et l'avenue de l'Avenir. Le conducteur reste en traction à l'approche du feu R17 fermé. Sa vitesse diminue et est presque nulle. Le feu R17 reste fermé.

Le conducteur change alors la position du sélecteur de sens de marche, le passant de la position « avant » vers la position « zéro » croyant déclencher le frein d'immobilisation. La rame TT414 part lentement en arrière puis prend de la vitesse.

Quatre secondes après le début de la dérive, le conducteur gongue puis il va réaliser des actions brèves et répétées sur le manipulateur de traction, basculer le matériel roulant du mode tram vers le mode train et inversement, ainsi que commander l'ouverture du disjoncteur, commander l'ouverture des portes et commander le baisser du pantographe. Aucune de ces actions ne fait freiner le tramway, ni les poignées d'alarme tirées par les voyageurs.

Au bout de 34 secondes et 340 mètres, le conducteur enclenche le freinage d'urgence via le manipulateur. La rame freine et s'arrête. Elle a parcouru 430 mètres en 44 secondes et a atteint 63 km/h.

La cause directe de la dérive est identifiée comme étant la concomitance du maintien en traction et du passage du sélecteur de sens de marche de la position « avant » à la position « zéro », qui a eu pour effet de désactiver la sécurité « anti-dérive ».

Lors de l'arrêt initial en pied de feu, le conducteur a maintenu le manipulateur en plage traction alors que celui-ci aurait dû être placé en position neutre. Ceci a eu pour effet de ne pas enclencher le frein d'immobilisation qui, malgré la désactivation de la sécurité « anti-dérive », aurait empêché la dérive de la rame.

Une fois la dérive initiée, les actions du conducteur sur le freinage ont été trop brèves pour permettre à la rame de réagir, et l'action sur le freinage d'urgence n'a été que tardive.

Ce constat nous amène à prolonger nos investigations sur la compréhension des gestes métiers effectués par le conducteur et du contexte professionnel qui les a conditionnés. En particulier :

- avant l'initialisation de la dérive : le geste métier concernant le sélecteur de sens de marche ;
- au cours de la dérive : le comportement du conducteur jusqu'à l'arrêt de la rame.

3.7 - Les investigations sur le geste métier d'immobilisation

3.7.1 - L'usage du sélecteur de sens de marche

3.7.1.1 - La description du geste métier à effectuer devant un signal d'itinéraire de la ligne T4

Le « Référentiel conducteur Tram-Train Pantin-Bondy-Esbly, Esbly-Crécy » de la SNCF datant d'août 2019, s'applique aussi à la conduite sur la ligne T4. Dans sa partie « Incident au train ou à la voie », l'article F11.03 intitulé « Immobilisation d'un tram-train en pleine voie » indique :

« lorsqu'un train ou une partie de train doit stationner en pleine voie, il faut procéder à son **immobilisation** pour éviter une dérive. Cette procédure peut être utilisée pour :

- une reconnaissance à un signal ;
- une visite du train, de la caténaire, de la voie ;
- un arrêt de courte durée ; - etc. ».



Figure 31 - Pupitre de la TT414 : emplacement du manipulateur de traction-freinage et du sélecteur de sens de marche. Encart : zoom sur le sélecteur de sens de marche (photo BEA-TT)

Ce référentiel précise la marche à suivre, similaire pour les deux matériels de la ligne T4 :

« 1- À la suite d'un incident, le conducteur doit immobiliser son tram-train en pleine voie.

- S'assurer que la traction est coupée.
- Placer le sélecteur de sens de marche sur « 0 ».

1-1 Avec un U53700 [Dualis]

Le conducteur reste en cabine : Placer le MP(TTF) sur la position « FMS » (Freinage Maximal de Service).

Le conducteur quitte la cabine : Placer le MP(TTF) sur la position « FU ».

1-2 Avec un U25500 [Avanto]

Cette procédure s'applique à tous les cas d'incidents entraînant un stationnement en pleine voie, à l'exception des situations où le SAL [Signal d'Alerte Lumineux] doit être émis.

Placer la clé de mise en service de la cabine de conduite sur « * ». »

Le geste métier (manipulateur de traction sur neutre ou freinage, et sélecteur de sens de marche sur zéro) est donc présenté dans la partie « incident » du référentiel conducteur,

intégrant les deux actions. L'atteinte de la vitesse nulle n'est pas précisée quoique sous-entendue par la notion de « stationner en pleine voie ». Elle est nécessaire à l'application des freins d'immobilisation. La SNCF a engagé des travaux de modification du référentiel conducteur, toujours en cours, pour intégrer ce geste métier dans une partie concernant l'exploitation nominale.

Dans le manuel utilisateur du tram-train Dualis U53700 d'août 2019 et rédigé par la SNCF, l'article 26.2 présente un mode opératoire pour l'immobilisation, différent de celui du référentiel conducteur cité plus haut, en identifiant une seule action :

« Immobilisation : laisser ou placer le manipulateur de traction freinage (MTTPF) sur la position « N » (sans toutefois atteindre la position « FU »), de manière à garantir l'immobilisation ».

L'article ci-dessus et l'article F11.03 du référentiel conducteur Tram-Train cité plus haut ne décrivent pas l'« immobilisation » de la même manière.

La pratique d'« immobilisation » décrite dans le référentiel conducteur est enseignée en formation comme une pratique courante pour immobiliser une rame devant les signaux d'itinéraire (SI), signaux qui existent à Bondy, à Gargan, à Aulnay, à Arboretum et à Hôpital de Montfermeil. Aucun de ces signaux d'itinéraire de la ligne du T4 ne se trouve en rampe ou pente.

Le même geste métier se retrouve sur la ligne de tram-train Mulhouse Vallée de la Thur exploitée en mixité par SOLEA⁶ et la SNCF, avec des rames Avanto. Les conducteurs de ces trams-trains suivent l'article F11.03 du référentiel conducteur Tram-Train. Il en est de même pour d'autres trams-trains Dualis. Par exemple sur T11 en région parisienne, que ce soit pour un départ depuis les terminus (Épinay-sur-Seine et Le Bourget) où se trouvent les signaux d'exploitation protégeant des appareils de voies, ou pour un départ depuis une gare intermédiaire avec signal de sortie ouvert ou fermé, la consigne à suivre face à un signal est : mettre le sélecteur en position neutre et le manipulateur traction-freinage en position de freinage maximal de service ou de freinage d'urgence.

La SNCF nous indique que ce geste métier n'est pas restreint à la ligne T4, ni aux trams-trains. Devant tout carré ou signal d'itinéraire, sur tout le réseau ferré national, tout conducteur de train SNCF doit arrêter la rame puis « immobiliser » la rame. Cette pratique est issue d'un groupe de travail SNCF qui a recherché quel geste mettre en place afin d'éviter le franchissement à tort du feu ferroviaire fermé occasionné par la précipitation ou un défaut de vigilance du conducteur. Il s'agit de garantir que le conducteur ne se remette pas en mouvement sans avoir fait un balayage de son pupitre, de garantir qu'il réalise une action volontaire sur ces commutateurs et d'éviter les conséquences d'une action intempestive sur le manipulateur. Lors de ce geste métier, les feux de signalisation de la rame sont allumés au rouge permettant au conducteur qui croise d'avoir aussi l'information que le train en face est bien immobilisé.

Un témoignage recueilli, confirmé par le constat de l'encadrement, nous indique que des conducteurs de trams-trains réalisent ce geste métier pas uniquement devant des signaux ferroviaires d'itinéraire, mais également devant la signalisation des carrefours routiers de type R17. À noter qu'en formation à la ligne T4, « s'immobiliser devant un R17 » n'est pas enseigné. Le geste métier n'est toutefois pas spécifiquement interdit devant un R17 puisqu'un incident ou une vérification de la voie peuvent apparaître en tout point de la ligne. Dans le cas du conducteur de la rame dérivante, ce dernier déclare avoir pris l'initiative de généraliser la procédure d'immobilisation lorsqu'il a rencontré le R17 fermé. Il ne s'était jamais arrêté auparavant à ce R17, puisqu'il était habituellement au « vert ». Sur du plat, il n'aurait pas utilisé le sélecteur. Comme l'agent était

⁶ Soléa est une Société anonyme d'économie mixte locale détenue à 87,8 % par Transdev, qui exploite les réseaux bus et le tramway de l'agglomération de Mulhouse.

nouvellement en conduite, il n'a pas été possible de consulter un relevé d'ATESS le concernant et donc pas de possibilité de vérifier si ce geste avait déjà été appliqué en d'autres endroits que devant les SI, comme devant un R17, que ce soit sur l'extension ou sur la ligne historique. Sur l'ATESS du 8 novembre 2020, à partir de 11h44:06, nous observons un respect du geste métier face à deux SI (à Bondy et à Gargan). Le conducteur ne rencontre pas de R17 jusqu'à Gargan. Entre Gargan et le lieu de la dérive, il n'utilisera pas le sélecteur de sens de marche.

En synthèse, ce geste métier, bien qu'ayant été présenté par tous nos interlocuteurs comme l'action à avoir face à un SI, est décrit dans les référentiels comme à appliquer en situation d'incident et non pour une situation nominale. En sus, l'« immobilisation » n'est pas décrite de façon homogène dans la documentation SNCF. Un flou existait dans les connaissances des conducteurs, quant à son application devant un R17. Depuis la dérive, la SNCF a mis en œuvre des améliorations que nous verrons par la suite.

3.7.1.2 - L'emplacement et le fonctionnel du sélecteur de sens de marche sur les Dualis et sur d'autres matériels roulants français

La combinaison entre une prescription d'utilisation du sélecteur par l'exploitant et une inhibition de l'anti-dérive par le fonctionnel de ce sélecteur a permis la dérive de la rame le 8 novembre. Une vérification est ici initiée afin de sonder si cette situation peut se reproduire ailleurs, notamment en vérifiant le fonctionnel du sélecteur sur les trams-trains et tramways français.

Sur la ligne T4, le sélecteur Z(DIR) de l'Avanto est à gauche tandis que celui du Dualis est à droite. Les trois positions stables sont toutefois les mêmes : avant / zéro / arrière.

Sur les Avanto, pour l'immobilisation, lorsque le sélecteur de sens de marche est positionné sur zéro, alors un freinage d'urgence s'applique quelle que soit la position du manipulateur.

Sur les autres Dualis en France : le Dualis équipe la ligne francilienne T11, les lignes de trams-trains de Nantes-Chateaubriant et de l'Ouest Lyonnais. Le sélecteur du Dualis est au même emplacement que celui en circulation sur la ligne T4, avec les trois mêmes positions stables.

Le fonctionnel du Dualis T4 « *Si aucun sens de marche n'est sélectionné, aucune dérive ne peut être détectée* » est identique sur tous les autres Dualis existants (Nantes-Chateaubriant : U53500, Ouest lyonnais : U52500, T11 : U53600).

Sur le tram-train Avanto de Mulhouse, le sélecteur de sens de marche de l'Avanto du tram-train Mulhouse Vallée de la Thur est situé à gauche et présente trois positions, de façon identique à l'Avanto de T4. Toutefois, lorsque le sélecteur est positionné sur zéro, la traction est coupée sans qu'il n'y ait de FU enclenché automatiquement.

Sur les tramways en France : la consigne (d'un arrêt face à un signal d'itinéraire avec sélecteur de sens de marche sur zéro ou sélecteur de conduite sur « N ») n'existe a priori pas chez les exploitants de tramways classiques en France.

Concernant un éventuel risque sur les Citadis les plus courants, c'est-à-dire de type X02 ou X05, le commutateur de conduite est positionné sur le côté gauche de la cabine et distinct d'un bouton-poussoir « marche arrière » - plombé ou non. Le commutateur présente quatre positions : neutre pour insérer ou enlever la clé (N), préparation de la rame (P), conduite normale (CN) et conduite de manœuvre à vitesse maximale de 10 km/h en atelier ou 3 km/h en lavage (CM).



Figure 32 - Côté gauche du pupitre d'une rame Citadis X02 de la ligne parisienne T2
(photo BEA-TT)

Sur les Citadis récents (X05), en position N, P ou autre position intermédiaire entre les quatre possibilités du commutateur, il y a activation du frein de sécurité : la rame freine automatiquement. Le système d'anti-dérive est actif quand le sélecteur est placé sur les positions CN et CM. Sur les Citadis, le sélecteur de sens de marche n'a pas évolué entre les générations X02 et X05. Le fonctionnel de l'anti-dérive a quant à lui évolué pour la gamme X05 avec notamment l'application automatique et immédiate des patins magnétiques.

Le sélecteur de sens de marche du tramway à Nantes de CAF présente quatre positions stables : zéro, 3 km/h, avant et arrière. La détection de dérive est active dès qu'un sens de marche est sélectionné. Si le commutateur est placé au neutre, un freinage d'immobilisation se déclenche. Si la vitesse du tramway est supérieure à la vitesse prescrite par le commutateur ou si on bascule de la position marche avant à la position neutre, un freinage de sécurité se déclenche.



Figure 33 - Partie gauche du tableau de bord du CAF nantais : sélecteur de sens de marche en n° 3 (source SEMITAN⁷)

L'exhaustivité de la vérification sur le parc de tramways français n'a pas été recherchée : nous avons ici étudié quelques exemples de matériels équipés d'anti-dérive et représentant une grande partie des tramways exploités en France. Cependant, cela permet d'identifier que les positions possibles des sélecteurs de sens de marche et les fonctionnels sur l'anti-dérive – quand il équipe le matériel roulant – peuvent varier. Une analyse plus détaillée serait nécessaire pour évaluer finement les réseaux où pourrait exister le risque de dérive par la combinaison d'une consigne sur le sélecteur de sens de marche et d'un fonctionnel du matériel roulant.

3.7.2 - La formation au geste métier « immobilisation »

La formation se base sur un mémo pédagogique construit par l'ETTPE : il s'agit d'un ensemble de documents – trames et quelques supports – cadrant les attendus de la formation et permettant aux formateurs de dérouler leur formation en accord avec le cahier des charges et les compétences attendues des futurs conducteurs. Ce mémo

⁷ La société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération nantaise (SEMITAN) est une entreprise qui exploite en grande partie le réseau de transports en commun de l'agglomération nantaise.

pédagogique est dédié à la formation pour la ligne T4. Il se décline en 20 sessions concernant l'exploitation « normale N » et 15 sessions concernant les « anomalies A ».

3.7.2.1 - Le geste métier face à un signal d'itinéraire

La signalisation est présentée en session N03 de la formation et traite avec détail le carré, le carré violet, le sémaphore, le feu vert fixe. En N09 sont traités les signaux sur voies de service.

Dans le module N08, partie « Fonctionnement du frein automatique » sont présentées les mesures d'immobilisation d'un train. Le visuel donné aux formateurs dans le mémo pédagogique est le suivant :

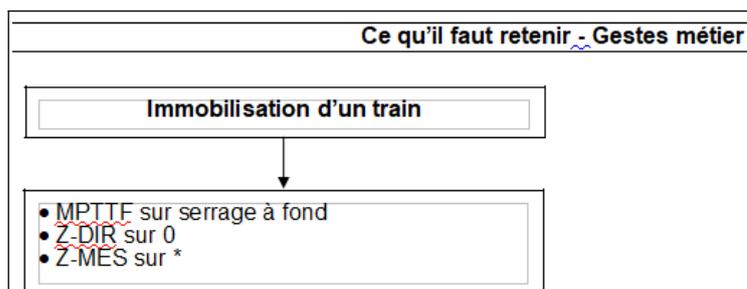


Figure 34 - Extrait du mémo pédagogique du module N08 (source SNCF)

Dans le module N10, concernant les règles de circulation de la ligne, il est indiqué dans le mémo pédagogique à destination des formateurs :

« Le conducteur :

- doit reconnaître du plus loin possible les indications des signaux le concernant,
- doit obéissance passive et immédiate aux signaux qui lui sont faits,
- ne doit pas se désintéresser de leur observation jusqu'à leur franchissement,
- doit aussi observer la voie et la caténaire. »

Au N12, dans le paragraphe « Déterminer qui doit donner l'autorisation de départ (suite) - Cas particulier lorsque la cabine se trouve en aval du signal de sortie », de nombreuses précisions sont apportées sur les actions à mener mais le geste métier évoqué plus haut n'est pas indiqué.

Selon le mémo, la « spécificité » tramway est abordée lors des 17^e et 18^e sessions (au cours desquelles le feu R17 est présenté). Dans la partie présentant le signal d'itinéraire (SI) – son fonctionnement et la consigne générale à respecter face à ce signal, il n'est pas fait mention du geste métier qui est associé ni du sélecteur du sens de marche face à un signal d'itinéraire.

L'ensemble des documents (mémo pédagogique, supports de présentation, questionnaires d'évaluation), les supports, photos, le retour d'expérience sont très axés ferroviaire lourd. Nous ne trouvons aucune présentation théorique du Dualis ou de l'Avanto. Les SI sont présentés tardivement alors que les carrés et carrés violets sont présentés dès les premiers jours (aucun schéma des SI et des affichages rencontrés). Le retour d'expérience présenté concerne des événements sur le RFN (franchissement de signal carré fermé). Des vitesses de 120 km/h sont mentionnées et le fonctionnement du KVB est expliqué en détail. En accompagnement sur la ligne, le geste métier est transmis à l'oral et par la pratique.

En conclusion, le geste métier « immobilisation » (consistant en deux actions : arrêter la rame et passer le sélecteur de sens de marche sur zéro) est noté dans le mémo pédagogique des formateurs mais n'est pas évoqué dans les évaluations intermédiaires

ou finale des conducteurs. Le lien entre ce geste métier « immobilisation » et l'arrêt face à un SI n'est également pas tracé. A contrario, les actions de gérer les signaux « baisser panto » et « couper courant » sont très détaillés dans le mémo pédagogique. Ce qui ne pose pas de difficulté en soi mais l'absence d'explication similaire délivrée aux conducteurs sur le signal d'itinéraire et son geste métier associé est mise en exergue.

3.7.2.2 - *Le langage utilisé relatif au geste métier*

Au cours de l'enquête, les enquêteurs du BEA-TT se sont entretenus avec l'équipe encadrante, les formateurs et le responsable formation traction. Les formulations les plus fréquemment entendues de la part de ces interlocuteurs sont : « face à un SI, le conducteur doit s'immobiliser » en précisant qu'il s'agit de mettre le manipulateur sur freinage puis le Z(DIR) sur zéro. Ou bien : « on a un moyen d'immobilisation c'est-à-dire freins serrés et sélecteur à zéro, ce qui garantit que le train ne peut pas bouger ».

Le conducteur nous a témoigné qu'il pensait qu'il appliquait le frein d'immobilisation puisque c'était la position dite « immobilisation ».

Le rapport de SNCF Voyageurs sur l'événement indique : « Il est constaté par l'encadrement SNCF que :

- « Le conducteur place Z(DIR) à 0 et pense que cette action permet d'immobiliser son train. **Sujet de [mauvaise] compréhension détecté chez d'autres agents** »
- « La configuration de la rame lors de la dérive MPTT en traction et Z(DIR) à 0 annule les FI et frein anti-dérive donc les boucles. **Après bouclage, 36 des 60 moniteurs de conduite [de trams-trains] n'ont pas compris le fonctionnement du Z(DIR)** ».

Suite à ce constat, la SNCF a remis en situation les 157 conducteurs de tram-train sur la gestuelle de démarrage raté entraînant une dérive puis un freinage d'urgence. Ils sont à cette occasion accompagnés par un CTT. Cette campagne a démarré le 16 novembre 2020 et a été achevée fin mars 2021.

Le geste métier regroupe sous l'appellation « immobilisation » deux actions d'effets différents : le manipulateur au neutre et le sélecteur de sens de marche Z(DIR) sur zéro. Nous remarquons que le langage utilisé d'« immobilisation » fait croire que, du fait de la combinaison des deux actions, le train est bloqué. Or ce n'est pas l'objectif du geste métier complet qui est plus exactement d'éviter un redémarrage intempestif par le conducteur. Seule l'une des deux actions immobilise réellement la rame : celle du positionnement du manipulateur au neutre ou en freinage, à vitesse nulle, qui applique les freins d'immobilisation. L'emploi du mot « immobilisation » pour le geste métier est un faux-ami du frein d'immobilisation. Il est constaté une incompréhension du fonctionnement de la rame parmi les conducteurs, que l'on peut corrélérer à l'ambiguïté du langage utilisé pour ce geste métier.

3.7.2.3 - *Conclusion sur la formation au geste métier*

Le geste métier « manipulateur au neutre ou freinage et sélecteur de sens de marche placé sur zéro » face à un signal d'itinéraire présente plusieurs difficultés :

- il n'est pas clairement identifié face à un SI et en mode nominal dans les référentiels et manuel de la ligne T4 ;
- il n'est pas tracé dans les supports de formation de la ligne T4 pourtant détaillés ;
- et le langage couramment associé d'« immobilisation », alors qu'il ne s'agit que d'une protection de non-reprise de traction, n'est pas adéquat.

Ces facteurs sont à l'origine d'incompréhensions chez les conducteurs de la ligne T4.

3.7.3 - De la commande du Dualis à l'autorisation pour mise en exploitation : quelle analyse du risque du geste métier

Nous étudions ici les échanges qui auraient pu avoir lieu entre le constructeur (qui connaît le fonctionnel du sens de marche et l'impact sur l'anti-dérive) et l'exploitant (qui connaît la consigne du geste métier), le risque concernant cette dérive du rapport étant à l'interface entre le matériel roulant et l'exploitation.

Lorsqu'un achat de nouveaux matériels roulants est décidé par Île-de-France Mobilités :

1. Île-de-France Mobilités (IdFM), en tant qu'autorité organisatrice de la mobilité pour la ligne T4, rédige son **expression de besoin**, à un niveau macro.
2. et SNCF Voyageurs, avec lequel IdFM a signé un avenant au contrat pluriannuel pour la délégation de service public de la ligne T4, complète avec ses **besoins d'exploitation et de maintenance**.
3. La Direction Matériel de la SNCF rédige alors le **cahier des charges** servant de base à un appel d'offre européen.
4. Après de multiples étapes de cet appel d'offre, les derniers candidats proposent leur « Best And Final Offer ». Ceci permet d'identifier le titulaire pressenti de cet appel d'offre, validé par toutes les branches SNCF concernées.
5. IdFM présente à son Conseil d'Administration l'offre du constructeur choisi et sa convention de financement avec SNCF.
6. Enfin, le marché est notifié par SNCF Direction Matériel au constructeur.

La fourniture du tram-train Dualis correspond à un marché initial datant de 2006 (trams-trains de Nantes puis de Lyon). Un avenant, signé en 2015, donne les **exigences fonctionnelles et réglementaires supplémentaires**, très générales, des trams-trains destinés à circuler sur l'ensemble de la ligne T4.

La Direction Matériel de SNCF reçoit la **documentation du constructeur** avec lequel elle a de nombreux échanges. Puis elle a fourni à l'EPSF un **dossier technique de sécurité** sur le matériel roulant, sur la base duquel l'EPSF a donné le 13 mars 2019 une autorisation de mise en exploitation commerciale relative au tram-train de nouvelle génération de type Dualis U53700 en configuration unité simple, unité double et unité triple sur le réseau ferré national. Cette autorisation est accompagnée d'un domaine d'emploi et des prescriptions d'exploitation, qui ne sont pas restreints à la ligne T4. Pour la partie extension nécessitant un dossier de sécurité global selon le décret STPG, le préfet a émis un arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation sur la base de l'avis des services de contrôle de l'État. Le 13 décembre 2019, les rames Dualis U53700 sont autorisées à circuler en exploitation commerciale sur le tronçon Gargan– Arboretum de la ligne T4.

Alstom se conforme au cahier des charges global et l'avenant correspondant à la ligne T4. Bien qu'un chapitre du cahier des charges traite de la fonction « exploitation » et cite les commutateurs « tram/train » et « baisser pantographe » le sélecteur de sens de marche n'est pas mentionné. Le système anti-dérive n'y est également pas inclus et l'interface avec le sous-système exploitation n'est pas considérée dans ces documents. Dans les exigences fonctionnelles du cahier des charges original, la position au zéro n'est citée que pour le cas de l'allumage des feux extérieurs du matériel roulant.

Le constructeur produit une **analyse préliminaire des risques** sur le système tram-train. L'événement redouté « Absence de FU lors d'un démarrage par dérive en marche arrière (Roll-back) » y est bien pris en compte mais ce risque est étudié pour une consigne de traction demandée par le conducteur, insuffisante au démarrage en rampe et recul intempestif ou en présence d'un patinage au niveau d'un bogie moteur lors d'un

démarrage. Donc de facto, avec un sélecteur de sens de marche sur avant. Le sélecteur placé sur zéro ne fait pas partie des cas étudiés dans les analyses de risques du Dualis, car il ne fait pas partie des modes de marche exportés par la SNCF qui sont fournis avec le cahier des charges.

L'analyse préliminaire des risques est soumise, avant transmission au STRMTG, au second regard d'un Organisme Qualifié Agréé (OQA). Dans le cadre de la mise en service de l'extension et l'autorisation des Dualis à y circuler, cet OQA évalue la sécurité de chaque sous-système et mène également une évaluation des interfaces entre sous-systèmes. Son avis est tracé dans un rapport, joint au dossier de sécurité. Pour la ligne T4, il n'y est pas fait mention de geste métier ni de sélecteur – que ce soit dans la partie exploitation, matériel roulant ou la partie interfaces, et donc l'OQA n'émet pas de réserve concernant ce risque.

Avant la mise en service, l'exploitant ETTPE a pris possession des nouvelles rames pour les essais, les sessions de formation, la mise en place de la maintenance, etc. Après la mise en service, la Direction Matériel de SNCF Voyageurs reste présente auprès de l'établissement jusqu'à la fin de garantie qui est de 24 mois et selon un critère d'atteinte de fiabilité contractuelle avec le constructeur.

Au-delà des documents déjà mentionnés, le constructeur doit fournir à l'exploitant un **manuel de conduite** de son matériel et un **guide de dépannage**. Selon le cahier des charges, « *le manuel de conduite comporte toutes les informations nécessaires à l'utilisation et à la conduite du matériel roulant pour toutes les configurations données et dans tous les types d'environnement donné. Le manuel de conduite liste les opérations à effectuer pour mettre en service et utiliser l'engin concerné. Il décrit en détail pour chacune des opérations : les manœuvres à effectuer, l'emplacement de l'appareil qui doit être manœuvré et les indices de bon ou mauvais fonctionnement qui doivent être observés avant et après la manœuvre de l'appareil mentionné* » et « *la documentation d'exploitation et de conduite a pour but de fournir aux agents de conduite de la SNCF, les éléments permettant à ceux-ci de conduire le matériel roulant dans des conditions normales d'exploitation et de sécurité. Le contenu de la documentation d'exploitation et de conduite sera utilisé par la SNCF pour établir les procédures réglementaires applicables sur le réseau d'exploitation, et pour les adapter à l'ergonomie des documents existants* ». Le manuel de conduite d'Alstom présente :

- la préparation journalière, la remise en service, la mise en stationnement d'une rame ;
- les opérations et vérifications particulières, les opérations diverses ;
- les règles de conduite ;
- les particularités des interfaces homme-machine ;
- les opérations pour former ou dételer une unité multiple.

La SNCF réalise ensuite une reformulation de ces documents, avec la mise en forme qui lui est propre et avec les adaptations nécessaires à la ligne T4 : c'est le « Référentiel conducteur Tram-Train Pantin-Bondy-Esbly, Esbly-Crécy » évoqué précédemment.

En conclusion, que ce soit l'information « *Si aucun sens de marche n'est sélectionné, aucune dérive ne peut être détectée* » ou la pratique du geste métier « face à un SI, placer manipulateur au neutre ou freinage, et Z(DIR) sur 0 » de l'exploitant SNCF Voyageurs, ces deux informations à l'interface entre exploitation et matériel roulant n'ont pas été échangées entre ces deux acteurs. Ainsi, le risque de désactiver l'anti-dérive par passage du sélecteur de sens de marche sur zéro n'a pas été identifié.

3.7.4 - Le maintien de la traction en arrivant sur le feu R17

En arrivant sur le feu R17 fermé du carrefour n° 36, le conducteur de la rame TT414 a diminué sa vitesse jusqu'à approcher une vitesse quasi nulle, pendant 6 à 8 secondes. Cette pratique de conduite n'est évidemment pas enseignée, elle est même contraire à la note sur les conditions de mise en marche dans la rampe émise en décembre 2019 et préconisant une plage d'effort située entre 50 et 60 % dans la rampe (afin d'éviter toute dérive ou patinage). Cette note a bien été vue par le conducteur de la rame TT414 en formation initiale et commentée par les formateurs.

Le maintien du manipulateur en légère traction face à un R17 fermé, même en supposant que ce dernier va s'ouvrir sous peu, n'est pas une pratique de conduite adéquate.

3.7.5 - La fermeture du signal d'arrêt du tramway au carrefour routier n° 36

En restant fermé devant la rame TT414, le feu R17 en haut de la rampe a été le facteur déclencheur de la dérive, révélateur d'une situation latente. Sans être la cause directe de la dérive, le fonctionnement du carrefour soulève des interrogations.

Habituellement sur les réseaux de tramway, la priorité est organisée pour que les rames circulent sans contrainte routière, ou le moins possible. Cependant, à l'arrivée de la rame TT414 à proximité du carrefour routier n° 36, son feu R17 était fermé et le conducteur s'est préparé à s'arrêter. Pour autant dans le sens opposé, la rame TT413 avait l'autorisation permissive de son R17 et a franchi le carrefour.

Un schéma actualisé du fonctionnement du carrefour a été fourni au service de contrôle de l'État, au cours de la phase d'approbation du dossier de sécurité. Le carrefour fonctionne en deux phases classiques et deux phases escamotables. La gestion des délais d'approche est permise par des équipements dans les tramways et des boucles de régulation implantées au sol (en station, en pied de feu et après, en acquittement du feu). Avec des rames qui se croisent, les R17 peuvent être permissifs en même temps, sous certaines conditions. Il n'y a cependant pas de « vert gratuit », c'est-à-dire une autorisation permissive dans les deux sens même s'il n'y a qu'une rame à l'approche du carrefour. Ainsi, les phases « tramway » ne sont pas nécessairement ouvertes en même temps, une temporisation entre en compte. Le fonctionnel peut obliger les rames à s'arrêter au pied du feu R17 car celui-ci est fermé.

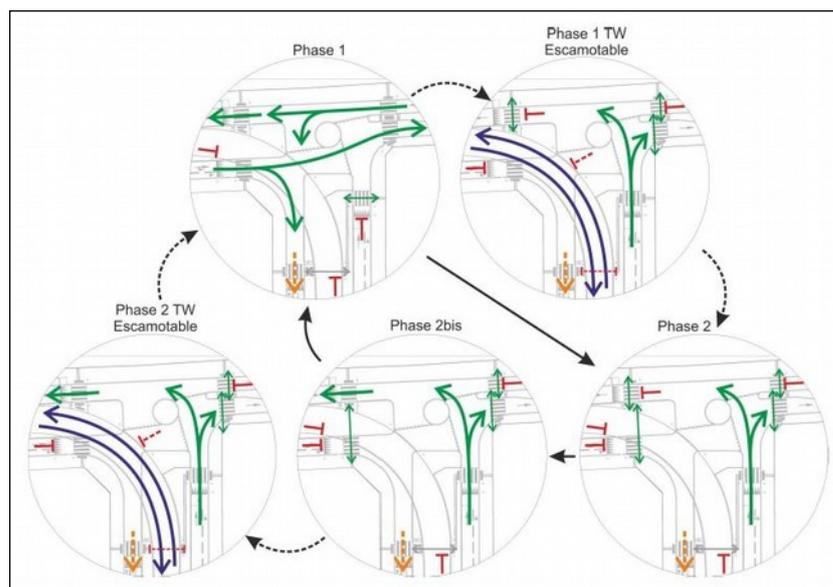


Figure 35 - Fonctionnel du carrefour n° 36 (source dossier de sécurité IdFM)

Il n'existe pas d'enregistrement des cycles de feux via la gestion centralisée des contrôleurs de carrefours ni par les caméras frontales des rames. Seules les vidéos depuis les stations nous donnent des informations. Lors de l'événement, on y voit le tramway sortant de la station Clichy-sous-Bois-Mairie traverser le carrefour alors que la rame TT414 ralentit longuement et est en train de s'arrêter. Les autres carrefours parcourus (les traversées piétonnes n° 33 et 34 et le carrefour routier n° 35) se sont en revanche ouverts à l'arrivée de la rame TT414 montant la rampe.

Arrivée en premier à proximité du carrefour, il est très probable que la rame TT413 a bénéficié d'une phase tramway, dès la fin de son échange voyageurs en station. Cette autorisation lui permet de redémarrer de la station Clichy-sous-Bois-Mairie quelle que soit la position du tramway qu'elle va croiser.

Le 8 novembre 2020, il est possible que cette phase tramway ait été donnée trop tôt (à quelques secondes près) pour que la rame TT414 puisse arriver à temps et obtenir elle aussi son feu R17 permissif. La phase suivante des véhicules routiers était probablement déjà planifiée. En effet, le premier tramway ouvre la phase et une prolongation de temps est possible pour faire passer le second. Initialement, cette prolongation est courte (25 secondes). Mais en septembre 2020, le dossier carrefour a été modifié pour une augmentation du temps de prolongation maximal à 40 secondes et la mise en œuvre sur le terrain date du 4 novembre 2020 : cela aurait pu suffire à faire passer le tramway croiseur TT414.

Il s'avère également qu'en novembre 2020, des travaux étaient en cours sur les armoires de carrefours : une coupure de réseau pourrait être à l'origine de la non-communication d'informations entre les boucles de régulation et les contrôleurs de carrefours, conduisant au maintien fermé du feu R17. La communication entre armoires de carrefours a été rétablie le 4 décembre 2020.

Sur ce carrefour n° 36 en haut de la rampe à 7 %, bien que ce ne soit qu'un facteur contributif de la dérive, il semble très préférable que le feu R17 ne soit pas, dans toute la mesure du possible, fermé à l'approche des rames montantes. Des optimisations ont été menées, d'autres semblent encore réalisables dans ce sens.

3.8 - Les investigations sur le comportement en situation de dérive

3.8.1 - *Le retour d'expérience sur les dérives de tramways en France*

Il convient de préciser en préambule qu'aucun des événements suivants n'a donné lieu à des victimes.

3.8.1.1 - *Les dérives antérieures sur la ligne T4*

Le 6 novembre 2019, dans la même rampe à 7 % entre Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie, un conducteur conduit la rame Dualis TT406. À mi-pente, suite au franchissement à tort d'un carrefour par un automobiliste, le conducteur doit freiner d'urgence. Au redémarrage dans cette forte déclivité, la rame dérive mais sur une faible distance, le système de déclenchement de l'anti-dérive ayant fonctionné correctement. Toutefois, pendant 17 minutes, le conducteur tente 26 fois de monter la pente avant d'y arriver. À chaque fois, il met le manipulateur en traction, puis au neutre, puis traction, etc. Le conducteur déclare avoir commandé le sablage du rail par la rame et que le dispositif anti-dérive n'avait pas permis d'immobiliser totalement sa rame, l'obligeant à déclencher manuellement l'abaissement des patins électromagnétiques (qui ne sont activés automatiquement sur le Dualis qu'à vitesse supérieure à 5 km/h). Le conducteur était nommé depuis mars 2019 et réalisait ses premières circulations sur l'extension de la

ligne T4. Par mesure de précaution, les circulations ont été interrompues. Des observations et des essais ont été effectués sur le matériel et l'infrastructure.

L'exploitant conclut de son enquête que les causes principales sont :

- Une gorge de rail fortement encrassée par des résidus végétaux automnaux ce qui engendre une dégradation importante du contact rail / roue.
- Le conducteur ne maîtrise pas le geste métier lors d'un démarrage en rampe en condition d'adhérence dégradée : soit il tractionnait trop fort ce qui engendrait un patinage ; soit il tractionnait trop faiblement ce qui engendrait une dérive. Les relevés effectués sur la rame ont montré que le dispositif anti-dérive a fonctionné normalement en actionnant automatiquement le frein d'immobilisation et a permis de limiter la dérive entre 50 et 90 cm.

Pour démarrer dans cette pente, il faut un pourcentage d'action sur le manipulateur assez important pour ne pas dériver (50 % d'effort de traction) et augmenter légèrement sans mettre trop d'effort de traction pour éviter de patiner (60 % d'effort de traction).

L'exploitant tire de cet événement la nécessité d'assurer une fréquence minimale de balayage (1 fois par semaine) en période automnale, et de communiquer auprès des conducteurs sur le bon geste métier à adopter pour les départs arrêtés dans la rampe (fiche bonne pratique, modification des formations, incident commenté à l'ensemble des conducteurs). Une note de service sur les conditions de mise en marche dans la rampe a été émise en décembre 2019. Cette note a bien été vue par le conducteur de la rame TT414 en formation initiale et commentée par les formateurs.

Le 26 janvier 2020, dans la même rampe avant Clichy-sous-Bois-Mairie, la rame TT401 patine et effectue une dérive de faible distance, du fait d'un mauvais geste conduite ne respectant pas la note ci-dessus. Un freinage d'urgence anti-dérive automatique se déclenche. Une seconde tentative permettra un redémarrage sans problème suite à l'application du bon geste conduite.

En conclusion, cette rampe a posé des difficultés au tout début de l'exploitation de l'extension. Ces difficultés liées à la maîtrise de l'adhérence ont été résolues avec l'identification et l'apprentissage de la gestuelle adéquate au manipulateur et au sablage.

3.8.1.2 - La dérive sur le tramway de Montpellier le 12 mai 2010⁸

Le réseau de tramway de Montpellier présente un tronç commun entre les lignes 1 et 2, situé dans une rampe de 7 %. Le 12 mai 2010 à 17 h 20, une rame de la ligne 1 est arrêtée devant un feu ferroviaire au rouge, en haut de la rampe, pour laisser entrer une rame de la ligne 2 sur ce tronç commun. Le feu passant au vert, le conducteur de la rame arrêtée tente de repartir mais elle recule et percute l'arrière de la rame de la ligne 2 en train de terminer son parcours. Sous le choc, les deux rames déraillent. Le bilan de cet accident est de deux blessés légers. Une enquête a été ouverte par le BEA-TT.

La cause directe du tamponnement est la dérive de la rame arrêtée en haut de la rampe (à la date de cet accident, les tramways n'étaient pas équipés de système anti-dérive). Cette dérive s'est produite car le conducteur, nouvellement formé, n'a pas adopté une stratégie adéquate de démarrage en rampe. Elle n'a, de plus, pas été stoppée parce que le conducteur, ayant perdu ses moyens, n'a pas enclenché de freinage.

⁸ Le rapport d'enquête technique du BEA-TT sur le tamponnement de deux rames de tramway survenu le 12 mai 2010 à Montpellier est consultable sur le site Internet du BEA-TT.

Parmi les quatre recommandations émises par le BEA-TT en juillet 2011, nous nous intéressons ici aux deux recommandations suivantes, adressées au STRMTG :

- Recommandation R3 : « Vérifier que les règlements de sécurité de l'exploitation des exploitants de tramway, ou les consignes opérationnelles les déclinant, prévoient une évaluation des capacités de réaction des conducteurs aux situations complexes, d'urgence et de stress et une formation à ces situations avant de les habilitier ».
- Recommandation R4 : « S'assurer, lors de la mise en service des lignes de tramway sur fer présentant de fortes rampes, que le matériel roulant devant y circuler dispose d'un dispositif d'anti-dérive ».

En réponse, le STRMTG indique que, pour la recommandation R3, une information a été faite lors des réunions du groupe de travail « REX tramway » auxquels participent exploitants et bureaux de contrôle locaux du STRMTG. De plus, un process interne au STRMTG trace ce point de vigilance à avoir lors de l'instruction des RSE. Le STRMTG indique par ailleurs que la recommandation R4 est désormais prise en compte dans l'évaluation, faite de façon générique, par le STRMTG sur tous les matériels roulants destinés à être exploités sur des réseaux de tramways sur fer présentant de fortes rampes.

Pour l'autorisation d'exploitation de l'extension de la ligne T4 vers Hôpital de Montfermeil en 2019, le service de contrôle de l'État (STRMTG/DSTG) a instruit le RSE de la SNCF. La question issue de la recommandation R3 de Montpellier a effectivement été posée, conformément au process interne au STRMTG. L'ETTPE a répondu que : « les formations habilitantes et de perfectionnement prévoient le traitement de situations complexes ou de stress ». Il s'agit notamment des scénarios déroulés sur le simulateur au cours de la formation initiale des conducteurs, en complément évidemment de l'apprentissage de l'application du freinage d'urgence et de l'usage du bouton-poussoir BP(URG). La question de la recommandation R4 était traitée avec la mise en place d'une sécurité « anti-dérive ».

3.8.1.3 - Les dérives ayant eu lieu sur d'autres réseaux français

Des dérives ont eu lieu sur d'autres réseaux de tramways sur fer tels que Brest, Le Havre, Saint-Étienne entre juin 2012 et septembre 2013 et Tours en 2016 (voir Annexe 2 pour une description détaillée de ces événements). Pour la majorité de ces dérives antérieures, la cause première a été la perte d'adhérence entre le rail et les roues des tramways. Elles ont eu lieu dans des pentes variant entre 4,8 % et 8,5 %.

Ces dérives ont montré l'importance du nettoyage des rails, elles ont entraîné des compléments de formation des conducteurs et ont conduit à améliorer le matériel roulant avec l'application automatique et immédiate des patins magnétiques lors d'un FU anti-dérive quelle que soit la vitesse de la rame. Ce sont des ajustements qui font suite à la recommandation R4 de Montpellier : « s'assurer, lors de la mise en service des lignes de tramway sur fer présentant de fortes rampes, que le matériel roulant devant y circuler dispose d'un dispositif d'anti-dérive ».

Depuis 2016 et avant le 8 novembre 2020, il n'y a pas eu d'autre dérive, excepté celles mentionnées ci-dessus sur la ligne T4 en novembre 2019 et janvier 2020.

Aucune de ces dérives antérieures n'a été causée directement par un geste métier particulier, aucune ne concerne une action sur le sélecteur de sens de marche du tramway ou tout autre commutateur.

3.8.2 - La procédure SNCF en cas de dérive

Le référentiel conducteur Tram-Train SNCF traite du cas de dérive dans l'article F44.07.

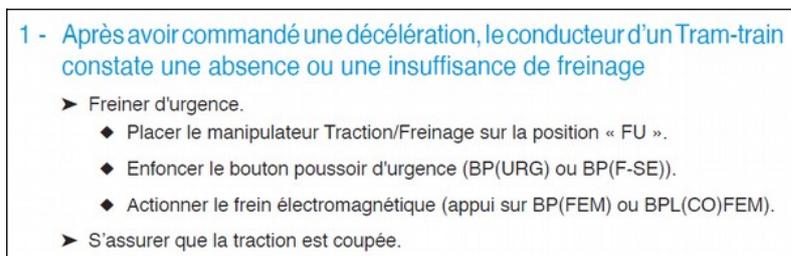


Figure 36 - Extrait du référentiel conducteur TT00760 article F44.07 « Dérive » (source SNCF)

Dans cette consigne, il est clairement indiqué l'action première à mener pendant la dérive à savoir : freiner d'urgence via 1/ le manipulateur en FU, 2/ le bouton-poussoir d'urgence et 3/ en appliquant les patins magnétiques.

3.8.3 - La formation relative à la dérive

3.8.3.1 - L'enseignement des gestes métier dans les situations nécessitant un arrêt d'urgence

Des cas d'anomalies pouvant être rencontrés sont étudiés en formation théorique et en formation pratique. Ce sont par exemple une anomalie à la voie, un signal anormalement fermé, une anomalie sur le matériel roulant (pantographe, enrayage...), gérer un accident.

Dans la partie normale « N » de la formation, les conducteurs voient :

- Les différents moyens de commander du freinage : par déplacement du manipulateur traction freinage vers la plage du frein de service ou plus loin, vers la plage de freinage d'urgence, séparées par un cran de retenue ; ou par enfoncement du bouton-poussoir d'urgence ; ou automatiquement par la mise en action d'un dispositif de sécurité (VACMA, forçement d'ouverture d'une porte, etc). Il est également possible de commander du freinage par les patins magnétiques, par appui sur le bouton-poussoir depuis le pupitre.
- Les moyens d'effectuer un freinage d'urgence : commander le serrage d'urgence au manipulateur ; ou au BP(URG) - ce bouton-poussoir doit être enfoncé en cas d'absence ou d'insuffisance de freinage, après utilisation de la position freinage d'urgence au manipulateur ; ou couper l'effort de traction en ouvrant le disjoncteur ou en abaissant le pantographe.

3.8.3.2 - L'enseignement de la dérive dans la formation à la ligne T4

La dérive est présentée lors du module A05 « anomalie » et surtout dans le module A10 « anomalie des freins » :

SQ M2 CRTT – Anomalies de freins		Fiche : 7 / 11
5-Insuffisance de freinage		
O P	Ce qu'il faut retenir - Gestes métier	Support
E/C de connaître les causes d'une insuffisance de freinage	Une insuffisance de freinage peut être due à une consigne différente de celle commandée par le MPTTF, ou des garnitures de freins usées. Cela peut aussi être le résultat d'un freinage commandé insuffisant par rapport à l'objectif visé ou tout simplement d'un enrayage.	Tableau
E/C de réagir à une insuffisance de freinage	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser tous les moyens possibles pour s'arrêter (BP URG, MPTTF sur FU, BP FEM) • Sabler • Si dérive, appliquer les mesures correspondantes (voir ci-après) • Laisser agir le dispositif de VA • Dès l'arrêt, maintenir l'immobilisation par la fonction serrage d'urgence • Appliquer le MU • Faire une VFF 	

Figure 37 - Extrait du mémo pédagogique du module A10 (source SNCF)

SQ M2 CRTT – Anomalies de freins		Fiche : 8 / 11
6-Dérive		
O P	Ce qu'il faut retenir - Gestes métier	Support
E/C de réagir lors du dérive de son train	<ul style="list-style-type: none"> • Freiner d'urgence par tous les moyens (BP-URG, FU du MPTTF, BP FEM, Automatisation) • S'assurer que le MPTTF est à 0 • Sabler • Alerter au moyen du sifflet « . . » • Ne pas émettre le SAR • Aviser les agents sédentaires en phonie en précisant la position, la vitesse, la direction, la voie, présence de voyageurs ou non) • Dès l'arrêt, immobiliser la rame (cales, FU) • S'assurer que le train est protégé, sinon le couvrir comme un obstacle • MMTO 	Tableau
E/C de réagir à la dérive d'un autre train	<ul style="list-style-type: none"> • Si ordre de circuler en avance, respecter cet ordre • Siffler sur tout le parcours • Si risque de collision, s'arrêter et évacuer les voyageurs 	

Figure 38 - Extrait du mémo pédagogique du module A10 (source SNCF)

Le formateur doit bien indiquer qu'en cas d'insuffisance de freinage ou de dérive, il faut avant tout freiner d'urgence par tous les moyens.

Le conducteur aurait également pu traiter l'événement comme une absence de freinage. Les consignes correspondantes sont similaires à celle de la dérive (voir figures ci-dessus).

Les témoignages des conducteurs et formateurs indiquent que ces points ont été abordés. Toutefois, en formation, une dérive reste de la théorie. Dans la réalité, le conducteur a pu se sentir désorienté ne serait-ce que pour être sûr dans quel sens pousser le manipulateur : quand on veut freiner, il faut tirer en arrière, dans le sens où on ne veut pas aller. Une perte de repères et d'orientation a complété voire alimenté un état de stress.

Le conducteur indique qu'il s'attendait également à ce que la rame fasse un FU anti-dérive. Cela correspond au comportement qui lui avait été montré quelques jours après sa prise de poste par un formateur : faire démarrer trop doucement la rame, voir qu'elle recule et observer que le freinage d'urgence anti-dérive s'enclenche et arrête la rame. Le conducteur déclare avoir été rassuré par ce système automatique.

En conclusion, les consignes concernant la conduite à tenir en cas de dérive ont été vues en théorie lors de la formation. La pratique a consisté à observer passivement la rame partir en dérive puis vérifier l'enclenchement automatique de son freinage d'urgence anti-dérive.

3.8.3.3 - *L'entraînement à la dérive au simulateur*

Il n'y a pas de scénario réalisé en formation simulant une dérive.

Dans le cadre de l'enquête, le simulateur a permis de tester une dérive causée par une diminution de l'effort de traction dans la rampe : cette manœuvre est sanctionnée au bout de 2-3 secondes par un freinage d'urgence. De même, lorsque le manipulateur est laissé en traction et le sélecteur de sens de marche placé sur zéro, le freinage d'urgence anti-dérive s'enclenche systématiquement. Le simulateur ne permet pas la reproduction de l'événement du 8 novembre 2020.

Les sciences sociales se sont attachées depuis plusieurs années à analyser les possibilités offertes par un entraînement sur simulateur pour préparer aux situations d'urgence. Rasmussen⁹ présente un modèle de contrôle de l'activité en trois niveaux : le comportement machinal (comportement de base), le comportement d'analyse (en cas de situation anormale, comportement basé sur les règles et les connaissances techniques) et le comportement créatif basé sur les connaissances (lent et peu adapté aux situations dynamiques). Préparer à l'avance un certain nombre de décisions permet d'effectuer rapidement le bon choix même si cela n'évitera pas les erreurs d'interprétation. Cependant, l'IFFSTAR¹⁰ qui utilise des dispositifs de réalité virtuelle pour étudier le comportement des conducteurs et des usagers de la route en général, précise que l'absence de risque réel, considérée comme un avantage en simulation de conduite, pose toutefois un certain nombre de questions pour l'étude de situations objectivement risquées. La « validité comportementale » renvoie en effet à la capacité du simulateur à induire des comportements de conduite identiques ou parallèles à ceux que l'on observerait dans une situation naturelle : l'absence de risque peut ainsi être un frein à l'interprétation des comportements. La « validation physique » du simulateur est par ailleurs liée à la correspondance entre sa dynamique et celle des véhicules. Elle présuppose donc que la dynamique du simulateur corresponde à celle d'un véhicule existant mais aussi que les simplifications apportées à l'environnement simulé ne modifient pas les activités impliquées dans la situation réelle de conduite. La fidélité cognitive, liée à l'acquisition de connaissances, devient ainsi un facteur crucial pour la validation des simulateurs.

Le simulateur du Dualis pour la ligne T4 est bien utilisé comme un outil de découverte et d'apprentissage de la conduite. Bien qu'on constate que « Z(DIR) = 0 avec manipulateur en traction entraîne dérive » ne soit pas connu du logiciel du simulateur, ce dernier n'a pas vocation à tester toutes les situations. Le simulateur ne se substitue pas, il prépare à la conduite sur le terrain, à des interactions réelles avec automobilistes, cyclistes, piétons ainsi qu'avec l'infrastructure (ligne aérienne de contact, signaux d'itinéraires...).

3.8.3.4 - *Les évolutions antérieures de la formation des conducteurs à la ligne T4*

La formation jusqu'en 2019 concernait la ligne d'origine entre Bondy et Aulnay. Suite à l'extension, la formation de 2020 a intégré la ligne urbaine en complément. De plus, un second matériel roulant a été ajouté avec la fourniture des Dualis mi-2019. En octobre 2019, la durée de la formation a également évolué en passant de 4,5 mois à 2,5 mois. La partie RFN a vu certains de ses sujets enseignés supprimés, tout en conservant le ratio de 80 % du temps de formation théorique. La formation sur le terrain est plus axée sur la partie urbaine : la partie en exploitation commerciale avec voyageurs

9 Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-13, 257-266.

10 Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux, désormais intégré à l'université Gustave-Eiffel : <https://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/espace-science-et-societe/mobilites/dossiers-thematiques/comprendre-les-comportements-des-usagers-de-la-route-en-simulant-le-monde-reel/situations-a-risque/>

est parcourue plusieurs fois au cours de la session de formation en cabine. Enfin, l'extension vers Montfermeil ayant été mise en service en décembre 2019, il y a eu un besoin en nouveaux conducteurs formés à cette période-là.

La charge de travail pour les apprenants est estimée par des formateurs et des conducteurs comme ayant augmenté avec l'arrivée du second matériel roulant, de l'extension urbaine et du raccourcissement de la durée de la formation. Cet avis n'est pas partagé par tous. Des encadrants ont toutefois constaté un manque de connaissances et de compréhension des gestes métier par les conducteurs du système.

Constatant que certaines informations et actions n'ont pas été correctement intégrées par le conducteur, une comparaison de la durée de formation avec celles d'autres réseaux nous a semblé utile.

3.8.3.5 - Une comparaison de la formation à la ligne T4 avec celles d'autres réseaux de tramways en France

En juillet 2011, le BEA-TT publiait un état des lieux des durées de formation initiale des conducteurs de tramway¹¹. Dans le cadre d'autres analyses, le STRMTG a mis à jour et complété cet état des lieux en juillet 2021.

Les données permettent d'apporter un éclairage sur la durée et le contenu des formations. Dans un contexte de réseaux variés en taille et en complexité, le temps minimum de formation théorique et de conduite effective varie entre 62 heures et 357 heures.

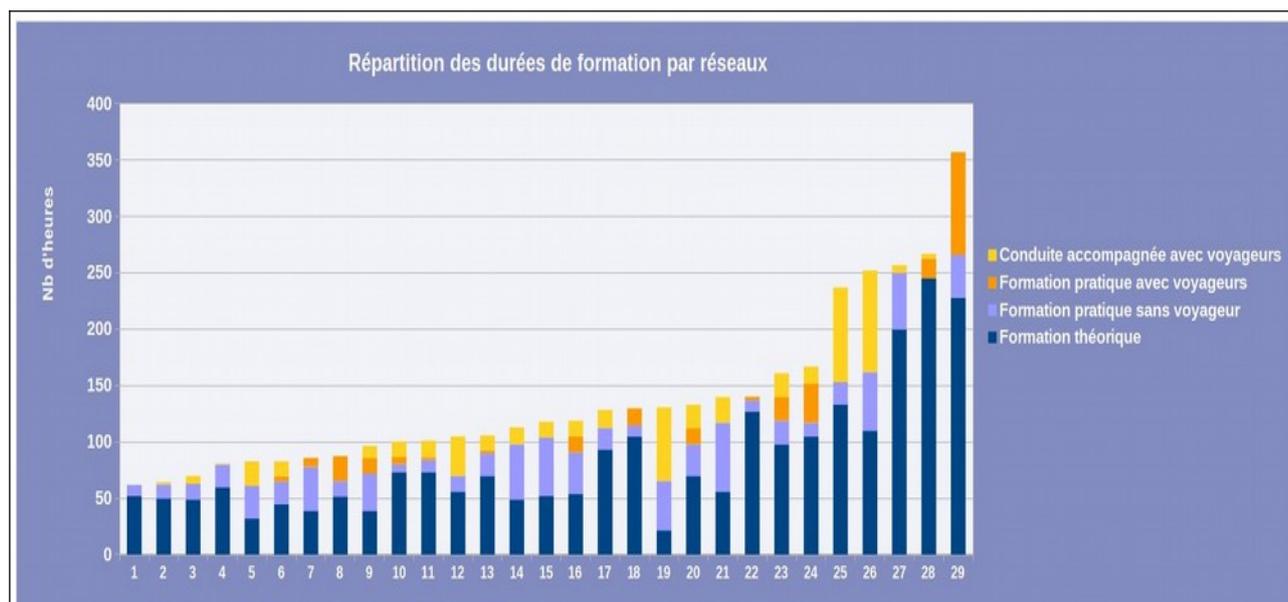


Figure 39 - Représentation des durées de formation théorique et de conduite d'un stagiaire selon les réseaux (source STRMTG)

Sur la ligne T4, il a été comptabilisé que la durée de la formation théorique et sur simulateur concernant les généralités et la partie urbaine s'approche de la médiane des temps de formations au niveau national.

¹¹ Annexe 4 du rapport d'enquête technique du BEA-TT sur le tamponnement de deux rames de tramway survenu le 12 mai 2010 à Montpellier (34) juillet 2011.

3.8.3.6 - L'habilitation du conducteur

Une évaluation de l'atteinte des objectifs pédagogiques est réalisée pendant et après chaque module pour chaque conducteur stagiaire. Elle couvre les trois champs de la formation : compréhension des systèmes, connaissance des procédures et maîtrise des gestes métier en situation de travail. Toutes les évaluations sont réalisées par les formateurs. À la fin de la formation théorique, le responsable du centre délivre à chaque stagiaire une attestation de formation reconnaissant l'acquisition des connaissances. Tout comme la formation, les évaluations sont fortement axées sur le ferroviaire lourd. L'examen final consiste en une interrogation orale et un examen pratique. À l'issue, l'agent reçoit une qualification individuelle lui permettant d'exercer la fonction de conducteur.

Le conducteur de la rame dérivante a été habilité donc été jugé apte à la conduite en service commercial et, selon son dossier, il a reçu de très bonnes notes à ses examens et de bonnes appréciations par module. La thématique « Immobilisation : *Compétence/gestes métier = lors du respect des arrêts par les signaux* » est bien identifiée comme « *acquise* ». Après l'habilitation, les conducteurs de la ligne T4 bénéficient d'un accompagnement par un CTT dans leurs 15 premières journées de service. Le conducteur de la rame dérivante a été, le lendemain de sa nomination, accompagné en cabine par le responsable de la formation traction à l'occasion de sa première journée de service. Il a été évalué comme « *Conducteur très professionnel dans sa conduite et dans son comportement. Bonne gestion des SI.* ». Et l'encadrant a testé avec lui le FU anti-dérive : dans la rampe, il a fait perdre de la vitesse à la rame et l'a laissée repartir en sens inverse. Il a laissé la rame s'arrêter seule par le FU anti-dérive.

Entre la date de cet accompagnement en cabine et le jour de la dérive, le conducteur n'a pas eu à enclencher de freinage d'urgence, que ce soit au manipulateur ou autre moyen. Il n'a pas été recensé d'événement conduite pour ce conducteur depuis son recrutement et son habilitation.

3.8.3.7 - La gestion des situations d'urgence et de stress

Facteur émotionnel, le stress est une réaction d'alarme et de défense de l'organisme face à une agression ou une menace. Le stress peut survenir face au soudain, à l'inattendu ou à une situation perçue comme dangereuse. Il est d'abord bénéfique puisqu'il mobilise toutes nos ressources en vue de l'attaque ou la défense. Le stress s'accompagne cependant de manifestations physiologiques ou intellectuelles, inhabituelles et gênantes : fonctions organiques auxiliaires neutralisées, individu tendu, précipitation entraînant de nombreuses approximations et erreurs, régression ou oubli de l'apprentissage, apathie, irritabilité, diminution notable de la performance et de la compréhension, effet réducteur de la pensée (hypothèses moins nombreuses, biais de confirmation, attention captée par un détail au détriment de l'ensemble qui est une notion appelée « tunnelisation »). Ces effets sont à prendre en compte dans l'analyse du comportement du conducteur lors de la situation de dérive.

Lors du recrutement, un service spécifique de la SNCF fait passer aux futurs conducteurs des tests et des entretiens psychologiques¹². L'examen réalisé porte sur les aptitudes psychomotrices, les aptitudes cognitives et le comportement en situation complexe ou de stress. Parmi les aptitudes évaluées, on compte entre autres : vitesse de réaction, attention, concentration, raisonnement, mémoire, comportement en situation complexe ou

¹² Dans le domaine ferroviaire, les dispositions relatives aux aptitudes physique et psychologique sont fixées par le décret n° 2010-708 du 29 juin 2010 (modifié) et l'arrêté du 6 août 2010 modifié par l'arrêté du 17 juillet 2012 et 31 juillet 2018 relatifs à la certification des conducteurs de train. Elles concernent toute personne exerçant une activité de conduite sur le réseau ferroviaire.

de stress, autonomie, contrôle émotionnel (conservation des capacités en situation de stress). Le même niveau d'exigence est attendu d'un conducteur tram-train que pour un conducteur de train sur RFN. Le conducteur de la rame dérivante disposait des certificats physiques et psychologiques, et de sa licence de conduite.

Comme nous l'avons vu précédemment, les formations habilitantes sur la ligne T4 prévoient le traitement de situations complexes ou de stress, par des scénarios déroulés sur le simulateur, en complément de l'apprentissage de l'application du freinage d'urgence.

Les tests et formations des conducteurs aux situations complexes, d'urgence et de stress : synthèse des pratiques en France

Suite à la dérive sur la ligne T4 dont le facteur « stress » du conducteur fait écho à la dérive à Montpellier en 2010, l'ensemble des exploitants de tramways français ont été interrogés par le BEA-TT quant aux tests au recrutement et aux formations dispensées à leurs conducteurs sur les situations complexes, d'urgence et de stress. Sur les 34 réseaux interrogés, 26 ont répondu : 19 effectuent des tests au recrutement, 7 intègrent à la formation initiale habilitante une partie traitant de la gestion des situations d'urgence et de stress (mention, sensibilisation ou formation dédiée) et 8 proposent une formation continue sur le thème du stress. Nous constatons une variété de situations :

- Pour les tests psychomoteurs et/ou psychologiques : plusieurs formules existent, réalisés par la SNCF, par un cabinet extérieur, par l'AFPA, tests psychomoteurs réalisés par le pôle RH de l'exploitant, par Pôle Emploi, tests sur simulateur de conduite.
- Pour les formations habilitantes : elles comprennent diversement des mentions dans la formation théorique, une sensibilisation au stress, une priorisation des actions ou des types de freinage, une mise en situation théorique, une mise en situation grâce à un simulateur (formation et épreuve habilitante), une mise en situation en ligne, une formation à la gestion émotionnelle ou au stress lié à la clientèle. Il est fait mention de modules sur les situations complexes ou rares ou dégradées.
- Les formations continues : elles traitent les cas complexes et rares, ou portent sur la gestion émotionnelle voire conflictuelle avec la clientèle, la gestion du stress au travail, ou encore mettent en œuvre des scénarios sur simulateur (dérive, rattrapage, etc).

Pour prendre exemple d'une formation spécifique de gestion du stress donnée sur un réseau, un consultant extérieur intervient auprès des conducteurs. Cette formation consiste à décrire le stress et ses manifestations, identifier des moyens de prévenir son stress, acquérir des techniques de gestion du stress ainsi que gérer les situations difficiles. Ce réseau, lors des journées de formation continue, utilise le simulateur de conduite auquel sont intégrés des scénarios de situation à risque (dérive arrière, rattrapage...) pour les conducteurs, afin de travailler sur leur réaction au stress et revoir les bons réflexes. La périodicité de mise en situation au simulateur pour la réaction au stress est de 3 ans.

En synthèse, les tests psychomoteurs et/ou psychologiques au recrutement sont pratiqués dans trois quarts des réseaux ayant répondu. Dix-neuf réseaux n'indiquent pas intégrer des formations aux situations d'urgence et de stress. Les sept autres réseaux indiquent dans leurs formations habilitantes des contenus très variables sur le sujet.

Pour le conducteur de la dérive de T4, on observe des similitudes de comportement avec le conducteur de Montpellier en 2010, malgré les tests au recrutement et l'utilisation de scénarios au simulateur.

3.8.4 - *Le comportement du conducteur à partir du début de la dérive : hypothèses et proposition d'interprétation*

Dans le cas de cet événement, il n'est pas possible de connaître les réflexions et les sensations du conducteur au moment où l'événement se déroule. Les témoignages – dont le sien – sont importants mais sont déjà une interprétation de l'événement vécu. Nous présentons donc ici des pistes de compréhension quant aux actions (ou à l'absence d'autres actions) du conducteur.

En préambule, les hypothèses d'hypovigilance ou de distraction du conducteur sont écartées du fait de ses actions à l'approche du R17 (gestion de la vitesse et de l'effort de traction au pied du feu) puis pendant la dérive (multiples actions de gong, sur le manipulateur, sur les différents boutons sur le pupitre).

Pour rappel factuel, le conducteur a attendu quelques secondes après le début de la dérive, puis il a gongué, a effectué des allers-retours rapides entre le freinage et la traction sur le manipulateur, a alterné plusieurs fois entre les modes train et tram, a ouvert le disjoncteur, etc. avant d'enclencher le freinage d'urgence via le manipulateur.

Des hypothèses sur les actions du conducteur peuvent être émises afin d'en proposer une explication (en prenant $T = 0$ pour le début de la dérive) :

- Le conducteur attend que le FU anti-dérive s'enclenche, ce qui a lieu classiquement sur le Dualis au bout de 4 secondes (durée observée sur les données de l'ATESS lors des essais dans l'heure qui suit la dérive ainsi que sur le simulateur de conduite) : $T = +4$ s.

Nous avons pu constater que sa première action est de gonguer à 4 secondes.

- Le temps de compréhension par le conducteur qu'il y a une anomalie, ajouté au temps de réaction à cette anomalie, peut varier entre 1 à 3 secondes : $T = +5$ s à $+7$ s.

Il tente alors un freinage et devant l'absence de réaction de la rame (pas de réduction de vitesse), il conjecture possiblement que son tramway dysfonctionne et enclenche un autre mode de réaction.

Un stress se traduisant par une bascule du conducteur d'une phase rationnelle à une phase irrationnelle peut avoir eu lieu dès ce stade. Ce stress peut l'avoir conduit à une diminution notable de sa compréhension, un effet réducteur de la pensée avec des raisonnements moins nombreux et une « tunnelisation ». Ceci l'a entraîné à multiplier les actions en reproduisant plusieurs fois les mêmes.

La conséquence du stress est de réduire les facultés de cognition de son esprit, c'est-à-dire celles faisant appel au raisonnement, à la mise en application des connaissances théoriques apprises en formation. Seuls des réflexes se mettent en œuvre, mais les « bons » réflexes ne sont pas acquis en pratique. Les modes opératoires enseignés en formation quant à une situation d'urgence n'ont pas été appliqués pour les potentielles raisons suivantes :

- **Tirer le FU au manipulateur** : circulant désormais à contre-sens, l'action de tirer le manipulateur vers lui jusqu'au cran d'urgence a pu être contrecarrée par ses sensations de recul et la perte de repères spatiaux, auxquelles a pu s'ajouter le manque de réflexe physique pour tirer le manipulateur jusqu'au bout, sans même parler du cran à franchir.

L'agent s'est peut-être aussi convaincu que le frein ne fonctionnait plus.

- **Appuyer sur le bouton-poussoir d'urgence BP(URG)** : l'inversion de positionnement du bouton-poussoir d'urgence entre les deux matériels, et la présence d'un autre bouton-poussoir BP(DPRE) sur le Dualis en lieu et place du BP(URG) de l'Avanto ont pu être des facteurs contributifs à une certaine confusion du conducteur. Appuyer sur le BP(URG) aurait effectivement arrêté la rame. Pour mémoire, le conducteur a

peu conduit avec les Dualis – il estime avoir roulé à 85 % sur la partie historique Aulnay-Bondy. De plus, il indique avoir auparavant enclenché le BP(URG) uniquement en statique et en formation.

- **Mettre en action un dispositif de sécurité** : la veille automatique (VACMA) n'est pas relâchée par le conducteur qui par automatisme, continue d'appuyer sur la veille.
- **Couper la traction** (ouvrir le disjoncteur, abaisser le pantographe) : ces actions ont été effectuées avec l'ouverture du disjoncteur et le baisser de pantographe mais cela n'a pas d'effet sur la rame en roue libre : cela coupe la traction et n'a pas enclenché de freinage de la rame.
- **Commander l'ouverture des portes** : cette action ne trouve d'explication que dans la panique du conducteur venant de réaliser de multiples actions sans effet. Les portes ne s'ouvrent qu'à l'arrêt, à vitesse nulle de la rame. Un parallèle a peut-être eu lieu dans son esprit entre les portes ouvertes et l'arrêt de la rame.

On peut supposer que le conducteur a dans un premier temps fait le choix d'attendre l'activation de la sécurité anti-dérive comme cela lui a été enseigné. Puis devant l'absence de cette activation, il a présupposé que la rame ne fonctionnait pas normalement, qu'elle avait un problème. Surpris et stressé, ses fonctions cognitives ont été altérées avec diminution de ses capacités de raisonnement et perte de ses repères spatiaux. Ses actions n'ont plus relevé du domaine du rationnel. Dans cet état, son apprentissage et son expérience de ces situations n'étaient pas assez consolidés pour lui permettre de bien réagir. Le conducteur, par son manque d'expérience – de façon générale et plus particulièrement sur l'extension où il a très peu circulé – et son manque d'automatisation des gestes d'urgence – plus particulièrement sur le Dualis – a été amené à se disperser sur de multiples actions et à ne pas identifier puis effectuer la bonne manipulation.

Le conducteur finit par tirer le manipulateur jusqu'au cran d'urgence.

3.9 - Bilan des actions engagées ou prévues à l'étude par l'exploitant

Les facteurs organisationnels et humains (FOH) désignent l'ensemble des facteurs qui influencent la performance de l'activité humaine dans le domaine de l'utilisation des équipements, de l'exécution des tâches, des conditions de travail ou des modalités organisationnelles. Leur prise en compte nécessite une approche globale et systémique.

La problématique des facteurs organisationnels et humains est développée par la SNCF depuis de nombreuses années. Ces sujets sont traités en s'appuyant sur des travaux d'ergonomes, du benchmark et des études socio-techniques.

Au sein de la SNCF, plusieurs entités contribuent et animent la démarche FOH : une équipe FOH au niveau de la SNCF SA (conception de la doctrine), un réseau de référents FOH auprès des établissements (animation de la démarche) et la Division Incidentologie à la Direction Sécurité Voyageurs (outils FOH intégrés aux analyses de retour d'expérience). Un référentiel définit au sein de SNCF les principes de prise en compte des facteurs organisationnels et humains dans le management de la sécurité. Un second référentiel traite des compétences non techniques en sécurité. Des démarches d'entreprise telles que « Comprendre pour agir », « Juste et équitable » ainsi que de la sensibilisation des managers et par les managers ont été mises en œuvre. Des formations sont possibles en partenariat avec l'Institut pour une culture de sécurité industrielle (ICSI)¹³.

13 L'Institut pour une culture de sécurité industrielle (ICSI) est une association loi 1901 créée à Toulouse en 2003 suite à l'accident de l'usine AZF. Il a une mission de réflexion, de recherche et de formation sur les risques, en réunissant les différents acteurs de la sécurité industrielle.

Une analyse « FOH » de l'accident par l'exploitant a été menée afin d'identifier les causes et les actions à réaliser ou les pistes à étudier.

Nous citons ici des actions initiées :

➤ dans le domaine du matériel Dualis :

- Étudier la possibilité de modifier le fonctionnel FU anti-dérive avec l'inverseur de sens de marche à zéro. Plus généralement, rechercher les pistes techniques pour éviter la reproduction de l'événement.

➤ dans le domaine de la formation :

- Créer et planifier une journée de formation continue spécifique à la gestion d'une dérive.
- Apporter une attention spécifique sur la dérive lors de la formation initiale. Scénario au simulateur à mettre en œuvre.
- Rallonger la durée de formation, avec notamment dix jours de conduite en formation sur l'urbain.

➤ dans le domaine de l'exploitation :

- Modifier le geste métier avec placement du manipulateur sur freinage maximal de service lors des arrêts en phase avec le manuel de conduite à valider.
- Préconiser l'action sur le BP(URG) lors de la première sortie de la journée de service, afin de s'approprier son emplacement et garder le réflexe en cas de situation d'urgence. En effet, certains conducteurs n'ont jamais eu à actionner le BP(URG).
- Enrichir les procédures d'exploitation.
- Réaliser un Benchmark.
- Prévoir une veille spécifique.

➤ Dans la maîtrise de l'environnement :

- Étudier la possibilité de supprimer des signaux sur la rampe.
- Régler la signalisation lumineuse de trafic sur l'urbain afin d'obtenir entre autres un meilleur réglage du R17 de la traversée n° 36 de manière à éviter l'arrêt dans la rampe. Rendre les tramways prioritaires sur le réseau routier dans cette rampe est en cours de réflexion.

Ces actions restent à finaliser.

4 - Déroulement de la dérive

Ce chapitre restitue l'analyse du déroulement de la dérive sur la ligne T4 ayant eu lieu le 8 novembre 2020, en conclusion des investigations conduites par le BEA-TT.

Le dimanche 8 novembre, à 12 h 05, la rame TT414 circule en exploitation commerciale sur la ligne de tram-train francilien T4. En direction du terminus Hôpital de Montfermeil, elle parcourt la rampe à 7 % entre les stations Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie.

En haut de la rampe, le conducteur du tram-train s'approche d'une signalisation R17 présentant un aspect restrictif, lui interdisant le franchissement du carrefour n° 36 entre l'allée Maurice Audin et l'avenue de l'Avenir. Le conducteur réduit donc sa vitesse tout en continuant de tractionner légèrement, ce qui maintient la rame à une vitesse comprise entre 0 et 1 km/h. La rame TT413, circulant dans le sens opposé, le croise.

À 12h06:06, le conducteur est toujours en traction et il tourne le sélecteur de sens de marche de la position « avant » vers la position « zéro » appliquant, incomplètement, un geste métier qui devait lui garantir l'« immobilisation » de la rame. Le fait de garder le manipulateur sur traction rend inopérant le frein d'immobilisation. De plus, la position sur zéro du sélecteur de sens de marche désactive la sécurité d'anti-dérive sur les rames Dualis. La rame commence alors une dérive en marche arrière dans le sens de la descente.

La vitesse de la rame TT414 augmente. Le conducteur effectue une première action, à savoir gonguer, 4 secondes après le début de la dérive. Sa seconde action est de freiner et a lieu à la vitesse de 9 km/h après 12 secondes de dérive. L'action étant trop brève, elle est sans effet.

La rame TT414 dépasse la rame TT413 située sur l'autre voie, franchit une traversée piétonne isolée et deux carrefours routiers. Le premier carrefour est au rouge pour les véhicules routiers et les piétons. Faute d'activation de la caméra frontale des rames de la ligne T4, l'information n'est pas connue pour les suivants.

Subissant un stress important et une perte de repères, le conducteur effectue de très nombreuses actions sur le manipulateur en freinage (trop brièvement) et en traction, sur le sélecteur de mode « tram / train », sur le disjoncteur, sur le pantographe, sur le gong et le sifflet. Les voyageurs tirent les premières poignées d'alarme 24 secondes après le début de la dérive.

Le conducteur actionne finalement un freinage d'urgence en tirant jusqu'au bout le manipulateur. La rame freine et s'arrête après 430 mètres de dérive. La rame avait atteint une vitesse de 63 km/h.

Il n'y a ni blessé, ni dégât matériel.

Le trafic est interrompu sur la ligne T4, le conducteur est à titre conservatoire suspendu de son service. Un agent référent conduite effectue des essais de freinage et d'anti-dérive sur la rame sans détecter d'anomalie, avant de la rapatrier au dépôt pour des investigations plus poussées.

5 - Analyse des causes et facteurs associés, orientations préventives

5.1 - L'arbre des causes

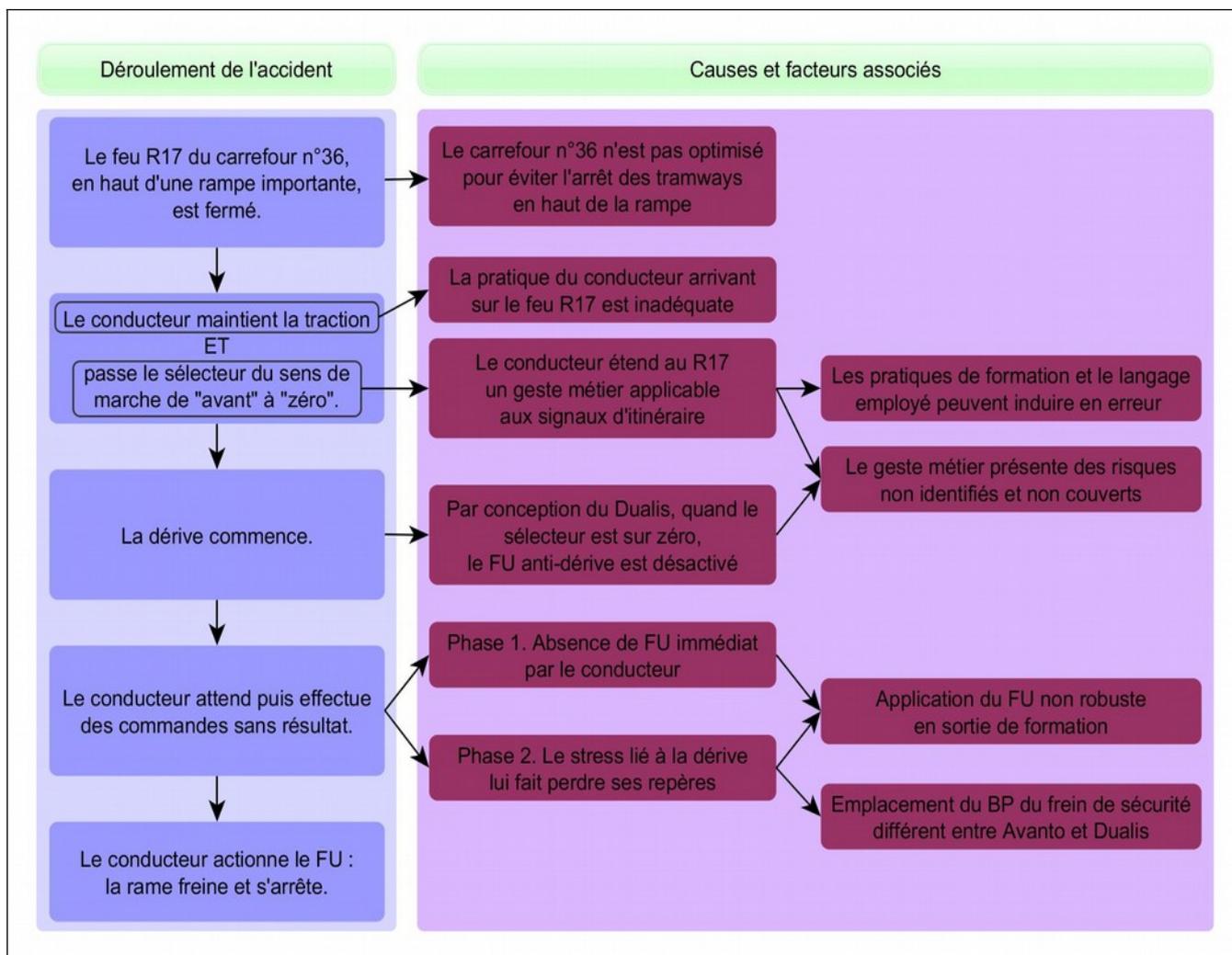


Figure 40 - Arbre des causes

5.2 - Les causes de l'événement

La dérive de la rame TT414 le 8 novembre 2020 a été causée par la concomitance, en haut de la rampe, du maintien en traction et du passage du sélecteur de sens de marche sur « zéro » par le conducteur. Cette action a désactivé la sécurité « anti-dérive » de la rame. La rame ayant été auparavant maintenue en traction, et bien qu'à vitesse quasi nulle, les freins d'immobilisation n'ont pas bloqué la rame.

Le conducteur, habilité, a mis en œuvre de façon erronée un geste métier courant : il n'a pas effectué l'action de mettre le manipulateur de conduite sur neutre ou sur freinage pour immobiliser la rame, et il a seulement positionné le sélecteur de sens de marche sur zéro, persuadé que cela suffisait.

Lorsque la dérive a commencé, le conducteur a attendu l'activation de l'anti-dérive. Puis au cours de la dérive, il a subi un stress l'amenant à probablement perdre ses repères et à ne plus pouvoir évaluer la situation.

Plusieurs facteurs techniques, organisationnels et humains ont contribué à la dérive :

- L'usage du sélecteur de sens de marche pour un geste métier relatif aux signaux d'itinéraire n'a pas été repéré puis analysé par rapport aux risques associés à sa pratique.
- Le langage utilisé par les formateurs et encadrants pour désigner ce geste métier est l'« immobilisation » ce qui crée une inexactitude de langage et une confusion avec le fait que les freins d'immobilisation maintiennent la rame à l'arrêt.
- L'attente par le conducteur du déclenchement du système d'anti-dérive de la rame conformément à la pratique enseignée.
- Puis lorsque ce système ne s'active pas et que la dérive s'accélère, le conducteur perd probablement ses repères, subit un stress important et une incompréhension de la situation : son expérience et son automatisation des gestes d'urgence n'étaient pas assez consolidés pour lui permettre de bien réagir.

Les orientations préventives visant à éviter le renouvellement d'un tel événement sont à rechercher dans les domaines suivants :

- l'usage du geste métier au regard des particularités du matériel roulant fourni ;
- le langage utilisé ;
- la formation des conducteurs.

Par ailleurs, les caméras frontales de rames Dualis n'étant pas opérationnelles, les enquêteurs n'ont pas pu avoir accès à des informations importantes pour l'analyse de l'événement.

5.3 - Le geste métier d'arrêt à un signal d'itinéraire et les particularités du matériel roulant

En préambule, le sélecteur de sens de marche sert initialement à choisir le sens de marche de la rame. L'utiliser pour obliger le conducteur à effectuer une tâche supplémentaire avant de repartir constitue un détournement de la fonctionnalité de ce sélecteur.

Suite à la dérive du 8 novembre 2020, les équipes de l'ETTPE découvrent l'implication de la mise sur zéro du sélecteur de sens de marche sur l'anti-dérive du Dualis « *Si aucun sens de marche n'est sélectionné, aucune dérive ne peut être détectée* ». Le geste métier SNCF existe à l'identique sur l'Avanto et d'autres Dualis en exploitation en France, les mêmes procédures d'exploitation sont appliquées.

Le geste métier face à un signal d'itinéraire n'a pas fait partie des modes de marche exportés et fournis avec le cahier des charges par SNCF Voyageurs au constructeur du Dualis. Cette implication « si $Z(\text{Dir})=0$ alors anti-dérive inhibée » n'a pas non plus été identifiée par l'organisme qualifié agréé en charge du second regard. De façon globale, concernant le lien entre usage du sélecteur et fonctionnement de l'anti-dérive, l'interface entre les sous-systèmes « exploitation » et « matériel roulant » n'a pas été traitée.

Cet ajout sur les trams-trains d'une « barrière » face à un risque de franchissement d'un signal d'itinéraire est issu d'une pratique purement ferroviaire. Cette barrière a été mise en application pour ces matériels au travers d'un geste de conduite, sans que les risques induits soient correctement étudiés et sans évaluer les conséquences sur une exploitation de type tramway. Le BEA-TT émet la recommandation et l'invitation suivantes.

Recommandation R1 adressée à SNCF Voyageurs :

Étudier l'ensemble des risques (et leur couverture) liés à l'utilisation du sélecteur de sens de marche des trams-trains en situation de conduite et ré-interroger la pertinence de l'actuel geste métier d'arrêt face à un signal d'itinéraire.

Le BEA-TT invite l'ensemble des exploitants de systèmes tramways et de systèmes ferroviaires légers français à s'assurer que les consignes concernant le sélecteur de sens de marche de leurs matériels roulants n'impliquent pas de risque en regard du fonctionnel d'anti-dérive de ces matériels roulants quand ils en sont équipés, et le cas échéant à appliquer la recommandation R1.

Dans le cas de cette dérive, nous avons constaté que le risque latent a été identifié « grâce » à l'événement. Par anticipation, on peut se demander s'il n'existe pas d'autre geste métier des conducteurs de la ligne T4 impactant une autre caractéristique du Dualis et ayant potentiellement une conséquence néfaste pour la sécurité. Le BEA-TT émet donc la recommandation suivante.

Recommandation R2 adressée à SNCF Voyageurs :

Identifier l'ensemble des gestes métier de conduite pratiqués sur les Dualis de la ligne T4 et vérifier leurs impacts en termes de risque pour la sécurité.

5.4 - Le langage utilisé pour le geste métier d'arrêt à un signal d'itinéraire

Le geste métier prescrit est considéré par l'exploitant comme le moyen de garantir l'« immobilisation ». Il est plus exactement le moyen d'empêcher tout redémarrage irréfléchi par un conducteur. Ce langage « immobilisation » crée une confusion dans la compréhension du fonctionnement de la rame, notamment par le fait que cette appellation fait penser à la mise en œuvre du frein d'immobilisation.

Une ambiguïté se forme entre la double action (s'arrêter avec le manipulateur au neutre ou en freinage, et positionner le sélecteur de sens de marche sur zéro) à effectuer pour respecter la consigne de « s'immobiliser » et la capacité physique d'une seule de ces deux actions à immobiliser (dans le sens garder techniquement à l'arrêt) la rame. C'est pourquoi le BEA-TT émet la recommandation suivante.

Recommandation R3 adressée à SNCF Voyageurs (ETTPE) :

Clarifier les informations données au cours des formations initiale et continue pour l'apprentissage du comportement à tenir lors d'un arrêt face à un Signal d'Itinéraire. Clarifier le langage utilisé pour ce geste métier ainsi que les consignes associées dans les différents documents d'exploitation.

5.5 - La formation des conducteurs

L'événement de dérive du 8 novembre 2020 indique que le savoir et les connaissances techniques du conducteur ne sont pas complets : il a maintenu sa rame en traction face à un feu R17 fermé en espérant qu'il s'ouvre, il a élargi une règle relative aux signaux d'itinéraire à un signal routier R17, et il a eu une absence de réflexe sur l'activation du freinage d'urgence – au début et au cours de la dérive. Les causes peuvent être recherchées dans les connaissances acquises, la compréhension du système, la réaction au stress, etc. Les sciences sociales traitant des facteurs organisationnels et humains rappellent qu'une erreur humaine est loin d'être uniquement réductible à l'incompétence d'un opérateur à réaliser une tâche. L'erreur peut également provenir de l'impossibilité

dans laquelle se trouve cet opérateur d'exécuter correctement la tâche, alors qu'il possède la capacité de le faire¹⁴.

Le conducteur ayant été habilité avec de très bonnes notes à la conduite sur la ligne T4, nous pouvons supposer qu'il a perdu ses pleines capacités lors de la dérive. Le conducteur est entré dans un état de stress, cumulé à une perte de ses repères spatiaux et d'une partie de ses facultés cognitives.

Le conducteur avait validé les tests psychologiques au moment du recrutement. Étant donné qu'en situation réelle de stress, il n'a pas pu conserver ses capacités, ces tests ne peuvent pas être – et ne sont pas – considérés comme la garantie d'une bonne gestion du stress et de l'événement. La formation théorique aborde bien évidemment le freinage d'urgence au manipulateur et au bouton-poussoir, et pour la pratique, le simulateur expose les futurs conducteurs à des situations d'urgence. Cependant dans le cas du conducteur, la formation ne l'a pas assez préparé aux gestes d'urgence, notamment le freinage d'urgence au manipulateur mais également le recours au bouton-poussoir d'urgence.

En synthèse, le BEA-TT émet la recommandation suivante.

Recommandation R4 adressée à SNCF Voyageurs :

Former de façon plus approfondie les conducteurs de tram-train aux gestes d'urgence, notamment à la pratique du freinage d'urgence au manipulateur et au bouton-poussoir sur le pupitre. Améliorer la formation à la gestion active d'une dérive.

Dans la synthèse du questionnaire national quant aux tests au recrutement et aux formations données aux conducteurs de tramways sur les situations complexes, d'urgence et de stress, nous constatons que sur les 26 réseaux ayant répondu, seuls 7 intègrent à la formation initiale habilitante une partie traitant de la gestion des situations d'urgence et de stress (allant de la mention des effets du stress jusqu'à la formation dédiée à la compréhension des effets et à la bonne gestion du stress en conduite). C'est pourquoi le BEA-TT émet les deux invitations suivantes.

Le BEA-TT invite le STRMTG à effectuer un état des lieux complet quant aux formations des conducteurs à la gestion des situations d'urgence et de stress mises en œuvre dans les réseaux français de tramways et systèmes ferroviaires légers. À l'issue, il sera pertinent de vérifier si ces formations sont adaptées pour couvrir le risque de mauvais ou d'absence de geste adéquat en situation d'urgence et/ou de stress. De plus, une réflexion pourra être engagée afin d'identifier toutes les possibilités pour s'assurer de la bonne application systématique du freinage d'urgence par un conducteur confronté à une telle situation.

Le BEA-TT invite SNCF Voyageurs à intégrer des formations spécifiques pour les conducteurs de la ligne T4 à la gestion du stress en situation de conduite.

Les conducteurs circulent sur une petite partie du RFN entre le dépôt et la station Bondy en mode train (environ 1,5 kilomètres). Puis ils circulent tout le long de leur journée de service sur la partie commerciale en mode tramway. Les procédures ne sont pas les mêmes pour RFN et pour la partie urbaine. Toutefois, la part des sessions théoriques dédiées au RFN semble disproportionnée par rapport à celle dédiée à l'urbain, en comparaison du temps effectif de conduite sur chacun des domaines. SNCF Voyageurs a initié des actions correctives telles que créer et planifier une journée de formation continue spécifique à la gestion d'une dérive, apporter une attention spécifique sur la

14 de Terssac Gilbert, Chabaud Corinne (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat & G. Terssac (Eds.), Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes. Octarès Editions, Toulouse, p. 123-135.

dérive lors de la formation initiale avec un scénario au simulateur à mettre en œuvre, et rallonger la durée de formation, avec notamment dix jours de conduite en formation sur l'urbain. Ainsi le BEA-TT émet l'invitation suivante.

Le BEA-TT invite SNCF Voyageurs à poursuivre le renforcement de la part de la formation des conducteurs de tram-train de la ligne T4 consacrée à l'apprentissage et à l'habilitation à la conduite tramway et à s'assurer des bonnes pratiques de conduite face aux R17. À l'issue, étudier l'impact de ces améliorations.

5.6 - Les vidéos frontales des rames de la ligne T4

Lors de l'enquête, des informations n'ont pas pu être fournies au BEA-TT. En effet, les caméras frontales - installées et fonctionnelles - n'étaient pas autorisées à filmer la voirie, réduisant les capacités d'analyse et d'enquête. Les enquêteurs du BEA-TT n'ont ainsi pas pu avoir accès aux images factuelles du début de la dérive, à savoir l'état du carrefour routier et du R17 devant lequel la dérive a commencé, l'état des autres carrefours routiers lors de leur franchissement par la rame dérivante, le comportement du conducteur de la rame dérivante, l'emplacement des usagers routiers autour de la rame au moment de la dérive, etc. Ces éléments factuels permettent d'identifier des faits et de conforter les témoignages subjectifs des individus concernés par l'événement.

Avant 2021, des autorisations préfectorales furent données à certains réseaux français de tramways pour l'enregistrement d'images prises sur la voie publique par des vidéos frontales installées au-dessus des cabines de conduite des tramways. Le 25 mai 2021, la loi n° 2021-646 pour une sécurité globale préservant les libertés est entrée en vigueur. Son article 61¹⁵ indique que « à titre expérimental, les opérateurs de transport public ferroviaire de voyageurs sont autorisés à mettre en œuvre la captation, la transmission et l'enregistrement d'images prises sur la voie publique et dans des lieux ouverts au public, au moyen de caméras frontales embarquées sur les matériels roulants qu'ils exploitent. Les traitements prévus au présent article ont exclusivement pour finalité d'assurer la prévention et l'analyse des accidents ferroviaires ainsi que la formation des personnels de conduite et de leur hiérarchie. ». Cette nouvelle loi interdit désormais l'enregistrement par des vidéos extérieures installées sur les tramways. La finalité pour les tramways et le ferroviaire étant identiques, il nous semble indispensable d'étendre cette possibilité aux tramways, avec évidemment les mêmes obligations. Cette loi a été proposée par le Ministère de l'Intérieur. Cet aspect concerne cependant aussi le Ministère des Transports s'agissant de la sécurité des transports. Ainsi, le BEA-TT émet la recommandation ci-dessous.

Recommandation R5 adressée conjointement à la direction des libertés publiques et des affaires juridiques du ministère de l'Intérieur et à la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer du ministère de la Transition écologique :

Identifier les possibilités pour autoriser l'enregistrement vidéo par des caméras frontales sur les tramways et trams-trains afin de disposer d'un enregistrement des événements sur l'infrastructure, exploitable uniquement pour une période courte précédant et suivant un accident, aux fins exclusives des enquêtes judiciaires et, dans un objectif d'amélioration de la sécurité, des enquêtes techniques sur accident.

15 <https://www.legifrance.gouv.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000042563668/>

5.7 - Le fonctionnel du carrefour n° 36

Sur les lignes de tramway en France, la priorité aux carrefours est organisée en anticipant l'arrivée des tramways afin que leur vitesse commerciale soit optimale.

Les tramways sont équipés de façon à être localisés par rapport aux carrefours et des boucles de régulation sont installées régulièrement au sol. Cela permet d'adapter le cycle des feux routiers pour que le feu R17 puisse s'ouvrir à l'arrivée de la rame.

Alors que la rame TT414 a franchi sans particularité les carrefours n° 34 et 35, le feu R17 fermé du carrefour n° 36 devant la rame TT414 interroge sur les mesures d'optimisation possibles concernant la gestion des délais d'approche, notamment en cas de tramway croiseur, pour ce carrefour particulier du fait de sa situation dans une rampe.

Le gestionnaire du contrôleur et du fonctionnement du carrefour n° 36 à Clichy-sous-Bois est le conseil départemental de la Seine-Saint-Denis.

Le BEA-TT invite le conseil départemental de la Seine-Saint-Denis à vérifier le fonctionnel du carrefour n° 36 et optimiser la gestion des tramways montants afin de leur éviter l'arrêt en pied de feu, dans ce carrefour situé en haut de la rampe.

6 - Conclusions, recommandations et invitations

6.1 - Conclusions

Le dimanche 8 novembre à 12 h 05, sur la ligne de tram-train francilien T4, la rame TT414 en circulation commerciale parcourt une rampe à 7 % entre les stations Maurice Audin et Clichy-sous-Bois-Mairie. En haut de la rampe, cette rame arrive à proximité du carrefour n° 36 entre l'allée Maurice Audin et l'avenue de l'Avenir. Afin de s'arrêter devant la signalisation routière tramway R17 lui interdisant le franchissement du carrefour, le conducteur du tramway réduit sa vitesse tout en restant en traction – grâce à la rampe. Sa vitesse diminue et est presque nulle. Le feu R17 reste fermé.

Le conducteur change alors la position du sélecteur de sens de marche, le passant de la position « avant » vers la position « zéro » croyant déclencher le frein d'immobilisation. La dérive commence : la rame TT414 repart lentement en arrière puis prend de la vitesse.

Quatre secondes après le début de la dérive, le conducteur gongue puis il va effectuer des actions brèves et répétées sur le manipulateur de traction, basculer le matériel roulant du mode tram vers le mode train et inversement, ainsi que commander l'ouverture du disjoncteur, commander l'ouverture des portes et commander le baisser du pantographe. Aucune de ces actions ne fait freiner le tramway, pas plus que les poignées d'alarme tirées par les voyageurs.

Au bout de 34 secondes et 340 mètres, le conducteur enclenche le freinage d'urgence via le manipulateur. La rame freine et s'arrête. Elle a parcouru 430 mètres en 44 secondes et a atteint 63 km/h.

Parmi la quarantaine de passagers à bord, il n'y a pas de blessé. Il n'y a pas de dégât matériel sur la rame ou la voie. La rame dérivante ayant franchi une traversée piétonne isolée et deux carrefours routiers, les conséquences de cette dérive auraient pu être graves. Le tram-train TT414 subit par la suite, en ligne, des tests concluants de freinage et d'anti-dérive, puis il est rapatrié jusqu'au dépôt.

La cause directe de la dérive est la concomitance du maintien en traction et de la mise en œuvre d'un geste métier inadéquat par le conducteur lors de l'arrêt devant la signalisation routière tramway. Il s'agit du passage du sélecteur de sens de marche de la position « avant » à la position « zéro », qui a eu pour effet de désactiver la sécurité « anti-dérive ». Prescrite pour l'immobilisation devant un signal d'itinéraire, l'action sur le sélecteur de sens de marche n'était pas adaptée face à une signalisation routière tramway. Au même moment, le maintien par le conducteur du manipulateur sur la plage traction a eu pour effet de ne pas permettre à la rame d'enclencher le frein d'immobilisation : ceci aurait malgré la désactivation de la sécurité « anti-dérive », empêché la dérive de la rame.

Cet événement a été aggravé par la gestion de la dérive par le conducteur qui, stressé, a appliqué plusieurs freinages sur des durées courtes mais insuffisantes pour que le matériel puisse appliquer correctement un effort de freinage.

L'enquête a révélé que divers facteurs techniques, organisationnels et humains ont contribué à cette situation :

- le fonctionnement de l'anti-dérive du Dualis, inactif quand le sélecteur de sens de marche est sur la position « zéro », et la méconnaissance de cette particularité par les conducteurs et l'encadrement ;

- l'existence d'un geste métier utilisant le sélecteur de sens de marche pour pallier un éventuel manque de vigilance des conducteurs, sans que les risques induits par cette action ne soient appréhendés ;
- la formation des conducteurs au cours de laquelle, d'une part le langage utilisé porte à confusion, et d'autre part la mise en situation de dérive consiste à observer passivement la récupération de la rame par un automatisme ;
- le déficit de formation préparant aux situations complexes, d'urgence et de stress.

En conséquence, le BEA-TT formule des recommandations relatives à l'usage du geste métier au regard des particularités du matériel roulant fourni, au langage utilisé, à la formation des conducteurs. Une recommandation concerne les enregistrements des vidéos frontales de rames Dualis.

6.2 - Recommandations et invitations

Recommandation R1 adressée à SNCF Voyageurs :

Étudier l'ensemble des risques (et leur couverture) liés à l'utilisation du sélecteur de sens de marche des trams-trains en situation de conduite et ré-interroger la pertinence de l'actuel geste métier d'arrêt face à un signal d'itinéraire.

Recommandation R2 adressée à SNCF Voyageurs :

Identifier l'ensemble des gestes métier de conduite pratiqués sur les Dualis de la ligne T4 et vérifier les impacts en termes de risque pour la sécurité.

Recommandation R3 adressée à SNCF Voyageurs (ETTPE) :

Clarifier les informations données au cours des formations initiale et continue pour l'apprentissage du comportement à tenir lors d'un arrêt face à un Signal d'Itinéraire. Clarifier le langage utilisé pour ce geste métier ainsi que les consignes associées dans les différents documents d'exploitation.

Recommandation R4 adressée à SNCF Voyageurs :

Former de façon plus approfondie les conducteurs de tram-train aux gestes d'urgence, notamment à la pratique du freinage d'urgence au manipulateur et au bouton-poussoir sur le pupitre. Améliorer la formation à la gestion active d'une dérive.

Recommandation R5 adressée conjointement à la direction des libertés publiques et des affaires juridiques du ministère de l'Intérieur et à la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer du ministère de la Transition écologique :

Identifier les possibilités pour autoriser l'enregistrement vidéo par des caméras frontales sur les tramways et trams-trains afin de disposer d'un enregistrement des événements sur l'infrastructure, exploitable uniquement pour une période courte précédant et suivant un accident, aux fins exclusives des enquêtes judiciaires et, dans un objectif d'amélioration de la sécurité, des enquêtes techniques sur accident.

Le BEA-TT invite l'ensemble des exploitants de systèmes tramways et de systèmes ferroviaires légers français à s'assurer que les consignes concernant le sélecteur de sens de marche de leurs matériels roulants n'impliquent pas de risque en regard du fonctionnel

d'anti-dérive de ces matériels roulants quand ils en sont équipés, et le cas échéant à appliquer la recommandation R1.

Le BEA-TT invite le STRMTG à effectuer un état des lieux complet quant aux formations des conducteurs à la gestion des situations d'urgence et de stress mises en œuvre dans les réseaux français de tramways et systèmes ferroviaires légers. À l'issue, il sera pertinent de vérifier si ces formations sont adaptées pour couvrir le risque de mauvais ou d'absence de geste adéquat en situation d'urgence et/ou de stress. De plus, une réflexion pourra être engagée afin d'identifier toutes les possibilités pour s'assurer de la bonne application systématique du freinage d'urgence par un conducteur confronté à une telle situation.

Le BEA-TT invite SNCF Voyageurs à intégrer des formations spécifiques pour les conducteurs de la ligne T4 à la gestion du stress en situation de conduite.

Le BEA-TT invite SNCF Voyageurs à poursuivre le renforcement de la part de la formation des conducteurs de tram-train de la ligne T4 consacrée à l'apprentissage et à l'habilitation à la conduite tramway et à s'assurer des bonnes pratiques de conduite face aux R17. À l'issue, étudier l'impact de ces améliorations.

Le BEA-TT invite le conseil départemental de la Seine-Saint-Denis à vérifier le fonctionnel du carrefour n° 36 et optimiser la gestion des tramways montants afin de leur éviter l'arrêt en pied de feu, dans ce carrefour situé en haut de la rampe.

ANNEXES

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête

Annexe 2 : Dérives ayant eu lieu sur d'autres réseaux de tramways sur fer en France

Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



Liberté
Égalité
Fraternité

La Directrice par intérim



La Défense, le 9 novembre 2020

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 dérive d'une rame de tram-train, survenue le 8 novembre 2020 sur la commune de Clichy-sous-Bois en Seine-Saint-Denis ;

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 dérive d'une rame d'un tram-train de la ligne T4, survenue le 8 novembre 2020 à Clichy-sous-Bois (93) entre les stations Mairie de Clichy et Maurice Audin.

Marie-Thérèse GOUX

Annexe 2 : Dérives ayant eu lieu sur d'autres réseaux de tramways sur fer en France

Réseau A - dérive du 16/11/2012

À l'approche d'un carrefour, une rame équipée d'un système anti-dérive s'immobilise puis dérive sur une longueur de 45 mètres environ. La rame ne présente aucun défaut, le rail a été nettoyé la veille et il ne pleut pas. La pente dans cette zone est de 6,2 %. Une dérive est bien détectée mais l'application du FU a pour effet de bloquer les roues. La vitesse calculée étant alors nulle, les patins magnétiques restent levés. Au cours de la dérive, le conducteur applique un freinage de sécurité. La rame continue de glisser jusqu'à ce qu'elle retrouve seule l'adhérence. La faible adhérence à cet endroit du réseau était due aux rares circulations déjà effectuées sur cette branche.

Réseau A - dérive du 19/11/2012

Il s'agit d'une dérive de 7 mètres, ayant eu lieu au même endroit que la dérive du 16/11/2012. Le conducteur déclenche le frein de sécurité quand il sent la rame partir en dérive, mais c'est sans effet. Puis il actionne les patins magnétiques, la rame s'immobilise. Cette rame est équipée de système anti-dérive.

Après ces deux dérives, les procédures de l'exploitant ont été mises à jour suite aux recommandations émises par le constructeur sur l'utilisation des patins magnétiques : ils doivent être déclenchés manuellement dès que la rame commence un mouvement de dérive. La modification pour faire tomber automatiquement les patins magnétiques lors du déclenchement du FU anti-dérive n'a pas été retenue.

Réseau B - dérive du 01/06/2012

Avant la mise en service de la ligne et au cours d'une formation, une rame équipée d'un système anti-dérive perd la traction, ralentit et part en dérive sur 10 mètres. Le formateur actionne aussitôt le frein de sécurité. La rampe est de 8,5 %, le temps est sec. À l'atelier, un bouton d'inhibition local du freinage au niveau d'un bogie est trouvé activé. Après remise en conformité, l'anti-dérive fonctionne correctement.

Réseau B - dérive du 22/11/2012

En période automnale mais sans particularité significative ce jour-là, une rame circulant hors exploitation commerciale s'arrête par manque d'adhérence en abordant à faible vitesse une rampe à 4,8 %. Lorsque le conducteur tente de redémarrer, la rame commence à dériver. Malgré le déclenchement automatique du FU anti-dérive et le déclenchement du frein de sécurité par le conducteur, la rame continue à dériver toutes roues bloquées sur 38 mètres. La commande manuelle des patins magnétiques par le conducteur arrête la dérive.

Suite à cette dérive, une modification de la consigne en cas d'adhérence dégradée a été réalisée en novembre 2012, en intégrant désormais l'utilisation des patins magnétiques.

Réseau B - dérive du 05/09/2013

À l'approche d'une station, une rame a dérivé sur 5 mètres, stoppée rapidement par l'application manuelle des patins par le conducteur. La tonte de la plate-forme était en cours, des résidus de pelouse étaient présents sur le rail.

Suite à ces deux dérives sur le réseau B, une modification sur le matériel roulant a été mise en œuvre en juin 2014 avec le constructeur : l'application des patins magnétiques lors d'un FU anti-dérive est désormais effective quelle que soit la vitesse de la rame.

Réseau C - dérive du 24/07/2013

Une rame non équipée d'un système anti-dérive, gravit une pente de 6 %. Le conducteur se prépare à franchir un carrefour routier, il réduit son allure. À quelques mètres de celui-ci, une perte d'adhérence se produit : la rame ralentit progressivement, puis s'immobilise avant de commencer à reculer. Le conducteur déclenche un freinage d'urgence très rapidement. Malgré cela, la rame continue sa dérive arrière. Voyant que le FU ne parvient pas à stopper la rame, le conducteur libère la pédale de veille et appuie également sur le coup de poing du frein de sécurité. Ces initiatives n'apportent rien de plus et la rame continue de dériver pour s'immobiliser après avoir parcouru environ 300 mètres en arrière. Elle s'arrête 20 mètres en raison d'une reprise d'adhérence quand la voie est propre et la pente plus faible. Dans cette zone, ce jour-là, de la végétation (feuilles mortes) est amassée sur la plateforme par le service chargé de l'entretien de la voirie. La voie sera nettoyée avant le redémarrage de la rame. Aucun dysfonctionnement n'a été relevé sur la rame.

Des mesures relatives à la formation des conducteurs tramways (rappel auprès des conducteurs effectué sur l'utilisation et la hiérarchie des freins) et des mesures organisationnelles (révision commune du plan de prévention et des procédures d'interventions des agents de nettoyage des voies) ont été prises.

Réseau D - dérive du 13/09/2016

Dans une montée de 6 %, le conducteur d'une rame équipée d'un système anti-dérive, effectue un freinage d'urgence car des branchages et une clôture sont couchés sur la voie. En effet, une forte tempête avec des orages violents vient d'avoir lieu. Malgré la suppression du plus gros des branchages, la rame ne peut pas repartir : à chaque démarrage (5 tentatives), la rame fera une dérive sur 2 à 5 mètres. L'exploitant décide de rebrousser la rame jusqu'à une station précédente afin de reprendre de l'élan. Dans la même montée, la rame en traction monte plus loin mais elle perd de la vitesse jusqu'à l'arrêt, puis elle glisse en arrière sur 130 mètres. Elle s'arrêtera toute seule. Le lendemain, avant la reprise de l'exploitation, l'aspirail nettoie les gorges très encombrées dans la zone. La première rame en exploitation ne rencontre pas de difficulté.

Suite à cette dérive, l'exploitant a effectué un rappel aux conducteurs sur l'usage des patins magnétiques lors d'une dérive arrière ainsi qu'un rappel lors de la formation continue des consignes à adopter en cas de dérive arrière, une procédure régulateur a été rédigée pour un retour plus rapide de la rame en haut-le-pied et s'assurer de la non-remise en exploitation et une sensibilisation orale pour les cadres d'astreinte a été faite sur l'importance d'une dérive arrière. Le STRMTG a également demandé la prise en compte du stress dans la formation des conducteurs.



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



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité