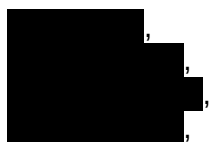




## **RAPPORT D'ENQUÊTE IMMEDIATE N° 2015 - AS – 67**

# **DERAILLEMENT DU TRAIN D'ESSAI N°814521 SUR LE RACCORDEMENT DE VENDENHEIM DE LA LGV EST EUROPEENNE EN CONSTRUCTION LE 14 NOVEMBRE 2015**

Enquête assurée par :



Chef de mission ASC (Audit de Sécurité de Conception) Matériel  
Chef de mission ASNO Maintenance et Travaux  
Chef de mission ASC Traction  
Chef de mission ASC Exploitation

Supervisée par :

Eric RADENAC, Directeur des Audits de Sécurité

A Paris, le 19 novembre 2015

## 1. RÉSUMÉ

Avant son intégration au Réseau Ferré National et sa mise en service, la deuxième phase du projet de mise en œuvre de la Ligne à Grande Vitesse Est Européenne fait l'objet d'essais dynamiques arrivant en phase finale.

L'organisation pour les essais d'intégration est issue du Plan d'Assurance Qualité de SYSTRA, avec Maîtrise d'ouvrage du projet : SNCF Réseau – Direction des Opérations – LGV Est-européenne et avec Maîtrise d'œuvre des essais d'intégration : groupement SNCF Réseau + SYSTRA. Hors RFN, l'organisation de la circulation se fait sous l'égide de SYSTRA.

Le train d'essai n°814521 est prévu sur la Voie 2 en sens banalisé, c'est-à-dire en sens impair (sens Paris-Provence), avec un départ prévu depuis la gare Meuse à 14h18 et une arrivée prévue à Strasbourg à 15h17.

La circulation n°814521 est constituée de la rame d'essai n°744, équipée de multiples appareils de mesure, à bord de laquelle se trouvent cinquante-trois personnes, techniciens, invités et accompagnants.

Les essais prévus les 11 et 14 novembre sont organisés en « vitesse d'essai » jusqu'à +10 % supérieure à la future vitesse commerciale de la ligne, soit, à titre illustratif, 352 km/h pour une vitesse limite nominale à 320 km/h.

Sur la voie 2 du raccordement de Vendenheim, la vitesse nominale est 160 km/h à partir du km 403+809.

A 14h28, après confirmation de la mise en œuvre de la zone d'essai, le train n°814521 part de la voie 4 Meuse, à l'heure théorique prévue,

A 14h48, le train n°814521 passe au poste 27 (raccordement de Baudrecourt) et entre sur le tronçon de la phase 2 de la Ligne à grande Vitesse,

A 15h05, le train n°814521 disparaît de la zone d'approche du signal Carré 701 (signal Carré de sortie de la LGV à Vendenheim). Les agents présents au poste d'aiguillage s'étonnent de la disparition rapide du train n°814521 du Tableau de Contrôle Optique (TCO) et tentent aussitôt de signaler cette anomalie. Ils apprennent alors que la rame a déraillé et qu'elle a totalement quitté la plateforme

De même, l'opérateur LGV Systra reçoit un appel d'une personne qui se trouvait à bord de la rame d'essai qui l'informe que la rame a déraillé et qu'elle a totalement quitté la plateforme.

Le train d'essai a déraillé en amont du Pont rail au km 404+200.

Au 18 novembre 2015, sur les 53 personnes concernées par l'accident, on déplore :

- 11 décédés,
- 16 blessés hospitalisés, dont 3 graves,
- 26 personnes hors danger ou sorties de l'hôpital.

L'ensemble des constats, analyses et expertises sur lesquels le présent rapport d'enquête s'appuie ont été élaborés dans des délais très courts afin de dégager rapidement les premiers éléments de compréhension du déraillement,

Ils nécessiteront des compléments et des approfondissements.

Néanmoins, à ce stade de l'enquête, au vu de l'ensemble des éléments recueillis et élaborés, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF tirent les conclusions suivantes :

- L'enquête ne met en évidence aucune anomalie dans l'état et le fonctionnement de l'infrastructure de nature à avoir provoqué le déraillement. Les dégâts constatés sont tous identifiés comme étant les conséquences du déraillement.
- De même, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité n'identifient aucun élément de défaillance de la rame d'essai n°744 de nature à avoir provoqué le déraillement. Ils ne relèvent non plus aucune anomalie dans la maintenance préventive et curative de la rame
- Enfin, ils ne mettent en évidence aucun élément notable dans la gestion de la circulation

**En revanche, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF attribuent de façon certaine le déraillement du train d'essai n°814521 du 14 novembre 2015, sur le raccordement de Vendenheim de la LGV Est-Européenne en construction, à une vitesse du train de 243 km/h au point de déraillement, nettement supérieure à celle prescrite au programme d'essai (176 km/h).**

**Cette vitesse trop importante résulte d'une séquence de freinage tardif qui aurait dû être exercé sensiblement plus en amont.**

**Cette vitesse trop importante a conduit à un délestage des essieux situés sur la file intérieure de la courbe (côté droit dans le sens de marche) par un effet de force centrifuge.**

**Le délestage a été suffisamment important pour provoquer le déraillement.**

**A l'issue de cette phase d'enquête, dans un environnement d'organisations complexes, inhérent à la nature même des essais à conduire, la Direction des Audits de Sécurité préconise de poursuivre les investigations, en détaillant les procédures, les processus et leur application, c'est-à-dire dans le domaine des facteurs organisationnels et humains.**

## 2. MÉTHODE DE L'ENQUÊTE

Le Directeur Général Délégué Système Ferroviaire de SNCF, à la demande du Président du Directoire de SNCF, et du Président Délégué du Directoire de SNCF, Président de SNCF Réseau, a commandité le samedi 14 novembre 2015 à 15h45 auprès du Directeur des Audits de Sécurité de SNCF une enquête interne au Groupe Public Ferroviaire sur le déraillement de la rame d'essai n°814521 sur le « raccordement de Vendenheim » de la LGV Est-Européenne, au niveau de la commune d'Eckwersheim (67).

La section de ligne concernée fait partie du chantier de construction du prolongement de la LGV Est-Européenne, non encore intégrée au Réseau Ferré National, et donc non encore en service commercial.

L'enquête est destinée à dégager dans des délais courts les premiers éléments de compréhension de l'événement.

La présente enquête et son rapport ne sauraient en aucun cas se substituer aux autres investigations tant internes qu'externes à l'entreprise, conduites par ailleurs.

Les constats et analyses des enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF, constitués en équipe transverse multi-métiers (maintenance & travaux de l'infrastructure et Ingénierie, circulation, matériel et traction) indépendante de toute entité de production, sont basés sur :

- les constatations, informations et documents recueillis le jour même et le lendemain lors de leur intervention sur place,
- les informations et documents fournis à partir du 14 novembre 2015 par les intervenants locaux, ainsi que sur les divers entretiens conduits dans les jours qui ont suivi avec les agents, les intervenants locaux et les cadres d'astreinte,
- les expertises et analyses menées avec le concours des experts techniques des directions centrales de SNCF Réseau, de Systra et de SNCF Mobilités.

### 3. GEOGRAPHIE DES LIEUX

La ligne 005000 Ligne à Grande Vitesse Est Européenne reliera Paris à Strasbourg.

La première phase de Paris à Baudrecourt est en service commercial.

La deuxième phase de Baudrecourt à Strasbourg via le raccordement de Vendenheim est prévue être mise en service en avril 2016.

Au niveau de la commune d'Eckwersheim, à environ 10 Km en amont de la gare de Strasbourg, la ligne est séparée en 2 plateformes distinctes à l'approche de la traversée du canal de la Marne au Rhin. L'Ouvrage d'art de la voie 2 se situe au point kilométrique 404+228. Il s'agit d'un pont rail (mixte à poutres latérales hautes) d'une longueur de 90 mètres environ, muni de rails de sécurité.

Le tracé de la voie au droit de l'ouvrage (km 404+228) est en pleine courbe de rayon 945 m.

Cette section de ligne est électrifiée en 2 fois 25 KV.



## 4. LES CIRCONSTANCES

Avant son intégration au Réseau Ferré National et sa mise en service, la deuxième phase du projet de mise en œuvre de la Ligne à Grande Vitesse Est Européenne fait actuellement l'objet d'essais dynamiques.

L'organisation pour les essais d'intégration est issue du Plan d'Assurance Qualité de SYSTRA n° ESS X ITGZZZORG – XXXXXX 000013 A 0 du 16/07/2015:

- Maîtrise d'ouvrage du projet : SNCF Réseau – Direction des Opérations – LGV Est-européenne,
- Maîtrise d'œuvre des essais d'intégration : groupement SNCF Réseau + SYSTRA.

Hors RFN, l'organisation de la circulation se fait sous l'égide de SYSTRA.

Les essais sont soumis à l'Avis Journalier d'Essais (AJE) n° 318/S46 pour la journée du 14 novembre 2015.

Cet AJE comporte, d'une part l'ensemble des parcours prévus pour chacune des circulations d'essai, et d'autre part une liste des personnes ayant une autorisation d'accès au domaine ainsi qu'une liste de personnes autorisées à pénétrer dans les emprises au sol et à bord de la rame d'essais. La liste des personnes accédant à la rame d'essai est tenue d'être vérifiée par le Chef de bord.

Un programme théorique de circulation est également établi pour une semaine.

La marche n°814521 est prévue sur la Voie 2 en sens banalisé, c'est-à-dire en sens impair (sens Paris-Province), avec un départ prévu depuis la gare Meuse à 14h18 et une arrivée prévue à Strasbourg à 15h17.

La circulation n°814521 est constituée de la rame d'essai n°744 à bord de laquelle se trouvent cinquante-trois personnes, techniciens, invités et accompagnants.

Lors des essais dynamiques, l'atteinte de « vitesses d'essai » est prévue sur les Voies 1 et 2 en sens normal et en sens banalisé (sens pair (sens Province-Paris) sur voie 1 et sens impair sur voie 2).

Les essais prévus les 11 et 14 novembre sont organisés en « vitesse d'essai » jusqu'à +10 % supérieure à la vitesse commerciale de la ligne, soit, à titre illustratif, 352 km/h pour une vitesse limite nominale à 320 km/h.

D'après les éléments fournis, il s'avère que le train n°814521 est le troisième mouvement ayant circulé en « vitesse d'essai » sur la voie 2 du tronçon de la phase 2 de la LGV Est-Européenne (n°814515 en sens banalisé, n°814514 en sens normal). Le train n°814521 est le seul mouvement prévu à circuler en « vitesse d'essai » sur la voie 2 du raccordement de Vendenheim, soit à 176 km/h.

Sur la voie 2 du raccordement de Vendenheim, la vitesse nominale, côté Strasbourg, est 160 km/h à partir du km 403+809.

### Chronologie :

- 14h00 environ, le conducteur du train (marche retour n°814516) demande à repartir en avance de Meuse en marche n°814521.  
Cette requête est refusée par le Chef Circulation du Poste de Commande à Distance de Pagny-sur-Moselle pour cause de gestion des circulations (en avance, il aurait retardé des trains commerciaux).
- A partir de 14h09, les opérateurs mettent en place les autorisations et dispositifs pour la circulation de ce train d'essai.

- 14h26, L'agent circulation de Vendenheim transmet la dépêche de confirmation de la zone d'essai à l'opérateur Ligne à Grande Vitesse puis reçoit l'autorisation d'engagement du train n°814521 sur la zone d'essai,
- 14h28, départ du train n°814521 de la voie 4 Meuse, à l'heure théorique prévue,
- 14h48, passage du train n°814521 au poste 27 (raccordement de Baudrecourt) et entrée sur la phase 2 de la Ligne à grande Vitesse,
- 14h51, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle donne l'assurance du rétablissement des mesures d'interdiction à l'opérateur Ligne à Grande Vitesse de Systra, basé à Reding. Le train circule sur LGV EE phase 2,
- 15h02, le train n°814521 entre dans la Zone d'Approche du signal Carré 701 (Carré de sortie de la LGV à Vendenheim), soit au point kilométrique 398+533.
- 15h05, le train n°814521 disparaît de la zone d'approche du signal Carré 701, Les agents présents au poste d'aiguillage s'étonnent de la disparition rapide du train n°814521 du Tableau de Contrôle Optique (TCO) et tentent aussitôt de signaler cette anomalie, pouvant s'apparenter à un dysfonctionnement de l'installation ou à un déshuntage, Ils apprennent alors que la rame a déraillé et qu'elle a totalement quitté la plateforme

De même, l'opérateur LGV Systra reçoit un appel d'une personne qui se trouvait à bord de la rame d'essai qui l'informe que la rame a déraillé et qu'elle a totalement quitté la plateforme.

### **Le train d'essai a déraillé en amont du Pont rail au km 404+200.**

Au 18 novembre 2015, sur les 53 personnes concernées par l'accident, on déplore :

- 11 décédés,
- 16 blessés hospitalisés, dont 3 graves,
- 26 personnes hors danger ou sorties de l'hôpital.



## Analyse :

Avec les constatations faites sur place et les analyses qui ont suivi, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF privilégient le scénario de déraillement suivant :

Le bogie arrière de la motrice déraile avant l'entrée du pont ferroviaire (entre le PK 404,208 et le PK 404,202) alors que le bogie avant reste sur les rails. Sous l'effet de la force centrifuge et de mouvements parasites transversaux violents du reste de la rame, l'arrière de la motrice se déporte sur la gauche et se désolidarise de la première remorque.

L'arrière de la motrice vient heurter le parapet béton (PK 404,209) qui se renverse, puis heurte l'arrête de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche (PK 404,219) qui détruit la structure arrière de la motrice. Le transformateur principal est disloqué et projeté en bas du talus à la sortie du pont. L'huile qu'il contient est volatilisée sur la structure gauche du pont. Sous l'effet du choc et de la chaleur liée aux frottements, l'huile s'enflamme.

Le bogie arrière de la motrice, plus résistant, vient s'encaster dans l'arrête de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche.

Les éléments de calcul demandés à la direction du Matériel de SNCF Mobilités indiquent en première approche que dans cette configuration (masse en mouvement, rayon de courbure, dévers) le phénomène de renversement se produit à une vitesse théorique de l'ordre de 220 à 240 km/h. Selon cette même source, ce sont les bogies extrêmes des remorques 1 et 8 qui sont susceptibles de se renverser les premiers.

De plus, aucune partie centrale des traverses monobloc n'a été écrasée par les roues de la rame, ce qui corrobore la version du basculement.

**Au vu de ces seuls éléments, l'hypothèse d'une vitesse trop élevée à cet endroit de la ligne semble très probable.**

Une reconstitution des temps de passage de la rame sur la voie a pu être réalisée à l'aide des enregistrements du terminal technique du CAI 403 (Centre d'Appareillage Intermédiaire).

| Point kilométrique du début de la zone | Point kilométrique de la fin de la zone | n° de la zone considérée | Temps de passage du premier essieu de la rame sur la zone | Vitesse moyenne sur cette zone |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 401+593                                | 403+117                                 | 3286                     | 15h3'54,430"                                              | 330 km/h                       |
| 403+117                                | 403+720                                 | 3292B                    | 15h4'11,043"                                              | 285 km/h                       |

La vitesse moyenne du train sur la zone 3292B est de 285 km/h. La rame est en phase de décélération.

Dans tous les cas, cette décélération n'est pas suffisante au regard du profil de la voie présentant une courbe de rayon 945 m.

Par ailleurs, le relevé de la géométrie de la voie réalisé le 08 septembre 2015, ne révèle pas d'anomalie.

**Ces éléments viennent corroborer que l'hypothèse la plus probable est une vitesse de la rame trop élevée à cet endroit.**

Dans ce type d'essai, les dispositifs de sécurité de la rame sont en partie désactivés pour permettre leur circulation au-delà des conditions normales, contrairement aux circulations commerciales où tous les systèmes automatiques de sécurité des TGV sont en service et permettent d'arrêter les circulations dès qu'un dépassement de vitesse est constaté.

## 5. INSTALLATIONS DE L'INFRASTRUCTURE

### Concernant la voie sur la zone du déraillement

Le train n°814521 a déraillé sur une zone située en pleine courbe à droite, de rayon théorique 945 mètres, de dévers théorique 163 mm et en pente de 2.5 mm/m.

Sur cette zone, la voie est posée sur un remblai d'une hauteur d'environ 5 mètres au k 404+000 et 8 mètres au Pk 404+400.

La sous-couche est constituée de grave bitume.

La voie est équipée de long rail soudé (LRS), rail 60 kg/m (60 E1) sur traverses béton monobloc (Sateba M45) avec attaches élastiques (Fastclip).

Un pont rail mixte à poutres latérales hautes d'une longueur de 90 mètres environ, muni de rails de sécurité, permet le franchissement du canal de la Marne au Rhin.

Le déraillement a provoqué des dégradations sur une zone enveloppe relativement courte allant du Pk 404+003 au Pk 404+368.

Dans cette zone, sur la partie gauche de la voie dans le sens de la circulation du train, il a été constaté :

- plusieurs traces sur la table de roulement du rail de la file gauche (file haute) indiquant un roulage de boudin d'essieux sur celle-ci (Pk 404+068 ; 404+101 ; 404+169 ; 404+195 ; 404+208),



- une trace anormale de roulement sur l'extérieur de la table de roulement du rail de la file gauche (file haute) sur la quasi-totalité de la longueur comprise entre le début du déraillement et le point d'impact sur le PRA. Cette trace pourrait provenir d'un déséquilibre du roulage de la table de roulement des essieux.



-

- des têtes de traverse abîmées suite au roulage d'essieux sur celles-ci (Pk 404+101 ; Pk 404+110 à 404+126 ; Pk 404+172 à Pk 404+181, Pk 404+234 à Pk 404+325),



- des attaches cassées sur le côté extérieur du rail de la file gauche (première attache située cassée au Pk 404+026, puis de manières éparées,



- un déplacement latéral de la voie vers l'intérieur de la courbe au pk 404+042 sur une longueur d'environ 50 m avec des têtes de traverses fortement dégradées et dégarnies, déplacement dû aux effets dynamiques hors norme lors du déraillement.
- un profil de ballast dégradé et par endroit fortement aplani par les voitures et motrices du train qui sont sorties de la voie.



Dans la zone du déraillement, aucune trace de roulement d'essieu n'a été constatée à l'intérieur de la voie (entre les 2 files de rail) ou sur les têtes de traverse côté droit.

Le rail est en bon état et il n'y a pas eu de rupture de rail.

De la graisse est présente sur la partie du rail en contact avec le boudin des roues, il n'y a pas de trace de limaille.

Le remblai supportant la voie ne présente pas de trace d'affaissement ou de déformation en pied de remblai ou sur la piste.

### **Au niveau du Pont-Rail (PRA)**

Il est constaté la destruction du parapet vertical gauche suite à l'encastrement du bogie arrière de la motrice de tête, des traces de frottement sur la semelle supérieure de la poutre latérale gauche dues à la motrice avant qui est venue prendre appui et glisser sur cette partie.

Le déplacement éventuel du PRA sur ses appuis n'a pas été examiné lors de cette enquête.

**Ces constats et notamment l'absence de trace de roulement d'essieu sur les traverses entre les 2 files de rail indiquent que la rame est sortie de la voie suite au délestage des essieux situés sur la file intérieure de la courbe.**

Hormis le défaut de tracé, au Pk 404+042, attribué au déraillement, il n'est pas constaté visuellement de défaut géométrique de la voie et aucun phénomène de danse des traverses n'est relevé.

L'examen du dernier enregistrement graphique Mauzin du 10/09/2015 sur la partie comprise entre les Pk 403+800 et Pk 404+400, incluant la zone du déraillement, est caractéristique d'une voie neuve. Il est notamment constaté une absence de défaut de nivellement, de dressage et de gauche dans la pleine courbe, ainsi que de danse des traverses.

L'examen du dernier enregistrement graphique Mauzin du 10/09/2015 sur la partie comprise entre les Pk 403.800 et Pk 404.400, incluant la zone du déraillement, est caractéristique d'une voie neuve. Il est notamment constaté une absence de défaut de nivellement et de gauche dans la pleine courbe, ainsi que de danse des traverses. Le dressage ne présente pas de défaut remarquable.

Les enregistrements dynamiques de la rame d'essai lors du passage précédent dans le sens impair Voie 2 réalisés pour la marche à la vitesse de 340 km/h ne sont pas disponibles à ce stade. Toutefois la détection d'un défaut hors norme lors de cet enregistrement n'aurait pas permis d'autoriser le passage à la vitesse supérieure sans une analyse, voire une reconnaissance préalable, à l'endroit du défaut détecté.

### **Concernant la caténaire sur la zone du déraillement**

Aucune dégradation n'est constatée sur l'ensemble des constituants de la caténaire. Les supports caténaires situés à l'intérieur de la courbe n'étaient pas dans la trajectoire du train qui est sorti de la voie côté extérieur de la courbe.

**Au vu des éléments recueillis, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité concluent que la constitution de l'Infrastructure n'est pas en cause dans l'accident.**

**Les éléments recueillis mettent par ailleurs en évidence un délestage généralisé des essieux situés sur la file intérieure de la courbe (côté droit dans le sens de marche), qui ne peut qu'être la conséquence d'un effet de force centrifuge dû à une vitesse trop élevée en courbe.**

## 6. LA CONDUITE DU TRAIN

### **Les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité ont pu établir certains constats.**

Depuis la baie frontale de la motrice de tête, les enquêteurs ont constaté :

- BP URG (Bouton Poussoir d'Urgence) du côté gauche du pupitre de conduite en position haute, c'est-à-dire inactif,
- MPF (Manipulateur de Frein) en position MA (Marche),
- MPT/F (Manipulateur Traction/Freinage) en position Frein Electrique à fond,
- ZPT (commande des pantographes) sur la position « 0 » pantographes abaissés,
- Z SEL PT (sélection du pantographe monophasé pour circulation sur LGV) sur position « LGV ».

Lors de l'extraction du boîtier enregistreur des données ATESS à 11h40 le 15/11/2015 sous la responsabilité des autorités, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité ont constaté qu'il n'y avait pas de « plomb » sur la cassette enregistreuse.

**Les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité ont recueilli auprès de leur encadrement les premières déclarations faites par les agents du service de conduite présents dans la cabine de conduite de tête du train n°814521 et ont conduit directement des entretiens avec eux. Il en a été de même pour le pilote traction Systra.**

L'équipe de conduite est composée d'un CTT (Cadre Transport Traction) et de deux conducteurs. Un pilote Traction Systra est également présent.

#### Le Cadre Transport Traction

Le cadre transport traction est en charge de la sécurité de la circulation du train d'essais qu'il accompagne. Il veille au respect par le conducteur des règles définies par l'avis hebdomadaire / journalier d'essais (AHE / AJE), le schéma de marche d'essais. Le CTT reçoit du Chef d'essais bord toutes les indications utiles concernant l'application du programme d'essais. Le CTT participe au processus de déroulement des essais ainsi qu'au processus d'ouverture du domaine d'essais lorsque la reconnaissance du domaine d'essais (Balayage) est effectuée avec la rame d'essais.

Dans le cadre du processus de déroulement des essais, le CTT fait procéder à l'armement ou au désarmement manuel de la signalisation cabine lorsque celle-ci ne s'est pas armée ou désarmée automatiquement lors de l'entrée sur la LGVEE2.

En cas de marche en « vitesse d'essai », afin de ne pas être pris en charge lors du dépassement prolongé de la vitesse plafond de la ligne, le CTT fait procéder à l'isolement des dispositifs de contrôle du dépassement de la vitesse autorisée et en informe le Chef d'essais bord.

Le Conducteur est en charge de la conduite du train d'essais ou de mesures. Il participe aux processus de déroulement des essais. Pendant une marche d'essais, il met en œuvre les directives du CTT et/ou du pilote traction présents en cabine.

Le second Conducteur est présent pour suppléer, voire remplace, le conducteur en fonction de l'organisation de la journée de travail.

Le pilote traction de la rame d'essais est chargé de renseigner le CTT sur les caractéristiques de la LGVEE2 (pentes, rampes, signalisation, points remarquables) et de donner l'autorisation de départ au conducteur. Dans le cadre des marches d'essais, il renseigne le CTT et le conducteur sur les caractéristiques de la ligne (signalisation, particularités...). Il reçoit du Chef de bord l'avis verbal que le service du train est achevé (montée ou descente des personnes prévues à l'AJE, fermeture des portes), Il retransmet au conducteur, l'autorisation de départ reçue du Chef d'essais, Il s'assure visuellement qu'il n'y a pas d'anomalie concernant la voie ou la caténaire ainsi qu'au niveau des abords (clôtures, portails, portillons, ...),

L'Agent de conduite assurant la conduite effective du train lors de l'accident est conducteur depuis 1988, autorisé à la conduite des TGV le 12/12/2008, il a rejoint l'EAST le 01/07/2014.  
Il participe aux essais sur la LGV EE phase 2 depuis le 28 septembre dernier.  
Il n'a pas d'antécédent dans le domaine de la sécurité des circulations.

Le second agent de conduite est conducteur depuis 1990, autorisé à la conduite des TGV en janvier 2006, il a rejoint l'EAST le 03/02/2014.  
Il participe aux essais sur la LGV EE phase 2 depuis le 02/11/2015.  
Il n'a pas d'antécédent dans le domaine de la sécurité des circulations.

La marche n°814521 de Meuse à Strasbourg est la dernière circulation de la journée dans le sens impair.

Le programme de marches en « vitesse d'essai » destiné à valider les vitesses de la ligne prévoit un passage aux vitesses limites plus 10% entre Meuse et le PK 406+015.

La vitesse plafond en section courante de la LGV doit être de 357 Km/h +/- 3 Km/h. La marche d'essai prévoit une transition de vitesse de 330 Km/h au Pk 398+770 à 176Km/h au Pk 403+809.

La vitesse nominale de la ligne sur Voie 2 banalisée est de 170 Km/h à partir du Pk 400+880.

L'équipe de conduite est composée d'un conducteur assurant la conduite effective du train, d'un second conducteur situé debout derrière le conducteur titulaire et du CTT (Cadre Transport Traction) qui se trouve debout à droite du conducteur aux commandes. Le pilote Traction Systra situé à gauche du conducteur. Sont également présents en cabine de conduite trois autres personnes.

La circulation s'effectue voie 2 banalisée. C'était la 2<sup>ème</sup> fois que l'équipe de conduite circulait dans ce sens et sur cette voie en sortant de la LGV.

Le CTT déclare que lors de la marche précédente il a pu observer l'efficacité du freinage électrique et pneumatique.

Au vu des éléments recueillis, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité constatent certaines incohérences dans les témoignages et les déclarations écrites des agents du service de conduite.

Il apparaît également que plusieurs éléments perturbateurs sont apparus :

- Présence de 7 personnes au total en cabine de conduite,
- Positionnement des présents en cabine ne permettant pas une vue optimale,
- Ambiance sonore,

De plus, le CTT déclare avoir été appelé par le chef d'essai via la liaison interphonie, pour lui demander de prolonger la marche à 176 Km/h de 200 mètres environ pour valider la vitesse sur l'aiguille située à la sortie du raccordement au PK 406+150, et que la qualité médiocre de la liaison sonore l'aurait obligé à rapprocher son oreille du haut-parleur. De cette position, il ne pouvait plus observer les actions du conducteur sur le frein et il ne pouvait pas contrôler les indications données par les manomètres de frein.

### **L'exploitation des données d'enregistrements ATESS**

**Chaque motrice de la rame d'essai est équipée d'un système d'enregistrement des données essentielles de conduite (vitesse, freinage et traction, ...).**

**Rapidement après la survenance de l'accident, les cassettes ATESS ont été déposées sous l'autorité d'un officier de police judiciaire et mises sous scellés dans le cadre de l'enquête judiciaire.**

**Afin de pouvoir faire progresser de façon significative la compréhension du déraillement, et de pouvoir prendre éventuellement des mesures conservatoires utiles suite à l'accident, SNCF a sollicité le Procureur de la République, afin de se faire remettre une copie des données concernant la circulation du train d'essai n°814521. Sous l'autorité d'un officier de police judiciaire, et en présence d'un expert judiciaire mandaté par le Procureur de la République, une copie de ces données a été remise à un représentant de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF. Les cassettes contenant les données originales ont été aussitôt remises sous scellés.**

**Il apparaît, à l'analyse des données que :**

- **La marche du train depuis son départ de Meuse ne met en évidence aucune anomalie dans le fonctionnement du frein,**
- **En abordant la courbe de raccordement, la vitesse du train était de 265 km/h au Pk 403+809, alors que la vitesse prescrite au programme d'essai était 176 km/h à partir de ce même Pk,**
- **Le train d'essai a déraillé à 15 heures 04 minutes et 42 secondes alors que sa vitesse était de 243 km/h.**

**Compte tenu des éléments recueillis, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité concluent à une séquence de freinage tardif à l'approche du Pk 403+809, conduisant à une vitesse trop importante origine du déraillement.**

## 7. CIRCULATION FERROVIAIRE

Les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité se sont rendus au poste 1 de Strasbourg, de type PAI situé au km 0,225 de la ligne 5000, afin de prendre en compte les mesures prises par l'Agent Circulation du secteur circulation de Vendenheim lors du déraillement du train d'essai n°814521 à Eckwersheim (67).

Les mesures à mettre en œuvre pour la création d'une « zone d'essai », la réalisation des essais de montée en vitesse et « vitesse d'essai », l'organisation et les relations entre l'agent circulation du Poste de Commande à Distance de Vendenheim et l'Opérateur de la Ligne à Grande Vitesse Systra basé à Reding ont été correctement effectuées en application du référentiel EIC AL DC 02318 article 13.

Lors de l'événement, aucune opération de sécurité, ni dérangement d'installations, n'était en cours. Aucune demande de travaux n'était accordée.

### Chronologie :

On notera en préambule qu'une divergence de voie de circulation entre l'avis journalier « essai » et les marches prévues dans l'application HOUAT a amené à une reprise des itinéraires tracés pour les trains d'essai n°814501 (Meuse voie 3 au lieu de voie 1 à 07h32) et n°814510 (Meuse voie 1 au lieu de voie 2 Banalisée à 10h44), sans présentation de signalisation inattendue pour les conducteurs concernés.

- 14h00 environ, le conducteur du train (marche retour n°814516) demande à repartir en avance de Meuse en marche n°814521, Cette requête est refusée par le Chef Circulation du Poste de Commande à Distance de Pagny-sur-Moselle pour cause de gestion des circulations (en avance, il aurait retardé des trains commerciaux),
- 14h09, l'autorisation de levée des interdictions de commande au poste 27 (raccordement Baudrecourt) est donnée par l'opérateur de la Ligne à Grande Vitesse à l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle,
- 14h11, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède au chargement de la programmation des itinéraires du train de Meuse à Lorraine,
- 14h21, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède à la levée de l'interdiction de commande au poste 27,
- 14h21+, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède à la commande de l'itinéraire 2701-2901 en interdiction de destruction,
- 14h24, Mise en place de la procédure prévue au document EIC AL DC 02318 (Création de la zone d'essai),
- 14h24, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède à la mise en commande de l'itinéraire de sortie de la voie 4 Meuse Grande Vitesse pour ce train,
- 14h25, le conducteur du train contacte l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle pour lui indiquer qu'il a du 170E au CAB, en attente de l'autorisation du chef d'essai pour le départ (enregistrement GSM-R),
- 14h26, L'agent circulation de Vendenheim transmet la dépêche de confirmation de la zone d'essai à l'opérateur Ligne à Grande Vitesse, puis reçoit l'autorisation d'engagement du train n°814521 sur la zone d'essai,
- 14h27, l'Agent circulation de Vendenheim trace l'itinéraire de sortie prévu depuis le signal Carré 701 (Carré de sortie de la LGV à Vendenheim),
- 14h28, départ du train de la voie 4 Meuse, à l'heure théorique prévue,
- 14h48, passage du train n°814521 au poste 27 (raccordement de Baudrecourt) et entrée sur la phase 2 de la Ligne à grande Vitesse,
- 14h48+, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède à la destruction de l'itinéraire 2701-2901,

- 14h50, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle procède au rétablissement de l'interdiction de commande,
- 14h51, l'Agent Circulation de Pagny-sur-Moselle donne l'assurance du rétablissement des mesures d'interdiction à l'opérateur Ligne à Grande Vitesse de Systra, basé à Reding ; le train circule sur LGV EE phase 2,
- 15h02, le train n°814521 entre dans la Zone d'Approche du signal Carré 701 (Carré de sortie de la LGV à Vendenheim),
- 15h05, le train n°814521 disparaît de la zone d'approche du signal Carré 701,
- 15h10 environ, l'ensemble des opérateurs présents au Poste à Commande à Distance de Vendenheim s'étonnent de la disparition rapide du train n°814521 du Tableau de Contrôle Optique (TCO).

Quelques instants plus tard, l'opérateur LGV Systra reçoit un appel d'une personne qui se trouvait à bord de la rame d'essai qui l'informe que la rame a déraillé et qu'elle a totalement quitté la plateforme.

Les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité notent que :

L'Agent Circulation de Vendenheim, dès qu'il a été avisé du déraillement, a correctement appliqué les mesures de protection prévues par la DC 1502 fiche 2.2 à savoir ;

Une coupure d'urgence demandée au Régulateur Sous Station de la ligne 70000.

En gare de Vendenheim :

- Fermeture des voies 1 et 2 de la ligne 1 (Strasbourg-Paris)
- Fermeture des voies 1 et 2 de la ligne 33 (Strasbourg-Haguenau)
- Fermeture de la voie D (Voie Banalisée Strasbourg-Paris).

A noter que le chef régulateur du Centre Opérationnel de la Gestion de la Circulation de Strasbourg a désigné l'Agent Circulation de Vendenheim comme Coordinateur de l'ensemble des protections des voies de la plateforme de Vendenheim.

Celui-ci a avisé les agents des gares encadrantes de Hochfelden et Haguenau afin qu'ils prennent également les mesures utiles pour interdire l'accès aux voies concernées.

**Au vu des éléments recueillis et des référentiels en vigueur, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité ne relèvent aucune anomalie relative à la gestion de la circulation ferroviaire.**

## 8. LE MATERIEL ROULANT

### Données du matériel impliqué

Le train n°814521 est assuré par la rame d'essai n°744 dédiée aux essais de la phase 2 de la LGV Est Européenne. Elle est composée de 8 remorques encadrées de 2 motrices. SNCF Mobilités est ECM (Entité en Charge de la Maintenance) de ce matériel. Elle est affectée à la STF (Supervision Technique de Flotte) TGV (Technicentre Sud-Est Européen).

### Le déroulement de l'accident envisagé par la DAS sur la base des constats réalisés

La vue aérienne ci-dessous témoigne de l'extrême violence de l'accident.



Dans un premier temps les enquêteurs ont tenté de reconstituer le scénario de l'accident. Les éléments relevés lors de l'expertise permettent d'envisager l'hypothèse suivante concernant ledit scénario de l'accident:

Le convoi peut être dissocié en 3 groupes de véhicules distincts :

#### Groupe Repère n°1 : La motrice de tête

Ce groupe est constitué de la motrice de tête uniquement. Le bogie arrière de la motrice déraile avant l'entrée du pont ferroviaire (entre le PK 404,208 et le PK 404,202) alors que le bogie avant reste sur les rails. Sous l'effet de la force centrifuge et de mouvements parasites transversaux violents du reste de la rame, l'arrière de la motrice se déporte sur la gauche et se désolidarise de la première remorque.

L'arrière de la motrice vient heurter le parapet béton (PK 404,209) qui se renverse, puis heurte l'arrête de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche (PK 404,219) qui explose la structure arrière de la motrice. Le transformateur principal est disloqué et projeté en bas du talus à la sortie du pont. L'huile qu'il contient est volatilisée sur la structure gauche du pont. Sous l'effet du choc et de la chaleur liée aux frottements, l'huile s'enflamme.

Le bogie arrière de la motrice, plus résistant, vient s'encaster dans l'arrête de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche.



**Vue du bogie arrière de la motrice encastré**



### Vue de la partie gauche du pont après l'incendie



La partie avant de la motrice de tête continue sa course. Après avoir parcouru une quinzaine de mètres sur le pont, le bogie avant déraile également côté gauche de la voie.

De nombreux organes de la motrice se désolidarisent de la caisse et s'éparpillent sur la voie et aux abords

Arrivée au bout du pont (PK 404,312) la motrice se couche sur le flanc gauche et dévale le talus pour stopper sa course à environ 150 m plus loin (PK 404,422).

### Vue du trajet suivi par la motrice après la sortie du pont



### **Vue de la motrice avant**



### **Groupe Repère n° 2 : Ensemble de Remorques**

Il est constitué des 6 véhicules suivant la motrice de tête.

Ces véhicules ont très probablement déraillé dans la courbe précédant l'entrée du pont comme l'attestent plusieurs traces relevée sur le rail. Peu avant l'entrée du pont, le premier véhicule se désolidarise de la motrice de tête, et sous l'effet de la vitesse et de la force centrifuge les 6 véhicules dévalent le talus, se couchent sur le flanc. Leur vitesse résiduelle est suffisante pour franchir le canal et atteindre la berge opposée. Sous la violence des chocs, les bogies se désolidarisent des caisses et s'éparpillent dans la zone n°2

Le véhicule le plus éloigné s'immobilise à environ 130 m de l'entrée du pont. Le véhicule le plus proche s'immobilise à environ 80 m de l'entrée du pont.

### **Vue partielle des 6 remorques**



### **Vue partielle des 6 remorques**



### **Groupe Repère n°3 : ensemble de 2 remorques et motrice arrière**

Ce groupe est constitué des 2 dernières voitures du convoi et de la motrice de queue. Suivant le même scénario que les 6 véhicules précédents, ces véhicules déraillent aux alentours du PK 404,000, probablement d'un même bloc puis dévalent également le talus et se couchent sur le flanc.

Les remorques 7 et 8 restent solidaires l'une de l'autre et finissent leur course au droit de la berge opposée du canal. La motrice, plus lourde, stoppe sa course dans le canal

### **Vue des 2 dernières remorques**



### Vue de la motrice arrière



### **L'expertise du matériel réalisée par les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF le 14 et le 15 novembre sur le lieu de l'accident**

L'expertise réalisée n'a détecté aucune défaillance d'un organe ou d'une fonction pouvant expliquer tout ou partie de l'accident :

- Absence de rupture de fusée,
- Absence de boîte chaude,
- Absence d'indice mettant en évidence un enrayage important de la rame (absence de méplat sur la table de roulement),
- Le frein pneumatique et le frein électrique n'ont présenté aucune anomalie durant la phase d'essai. Les anti-enrayeurs étaient fonctionnels.

### **L'expertise des tables de roulement des bogies de la motrice de tête.**

Les traces de pollutions et les nombreux impacts sur les tables de roulement et les boudins des 4 roues gauches des essieux concernés montrent clairement que ces roues ont quitté le rail et sont entrées en contact avec le ballast.

**Par contre, les 4 roues droites de ces essieux ne présentent aucune trace de pollution.**

Sur la base de ce constat, les enquêteurs formulent l'hypothèse que :

- Ces roues n'ont jamais été en contact du sol du fait d'un fort délestage des bogies sur la file droite du rail,
- Ce délestage est causé par une force centrifuge importante subie par la motrice,
- **Cette force centrifuge importante est due à une vitesse significative du convoi.**

Les éléments de calcul demandés à la direction du Matériel de SNCF Mobilités indiquent en première approche que dans cette configuration (masse en mouvement, rayon de courbure, dévers) le phénomène de renversement se produit à une vitesse théorique de l'ordre de 220 à 240 km/h. Selon cette même source, ce sont les bogies extrêmes des remorques 1 et 8 qui sont susceptibles de se renverser les premiers.

**Vue des roues du 1<sup>er</sup> bogie de la motrice de tête**



**Vue des roues du 2<sup>ème</sup> bogie de la motrice de tête**



**Un autre élément corrobore cette hypothèse :** Des traces de frottement sur toute la longueur la partie haute de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche du pont démontrent que la caisse de la motrice présentait une très forte inclinaison vers l'extérieur de la courbe à son entrée dans le pont. La motrice a été guidée par la semelle supérieure sur toute la longueur du pont.

### Mise en évidence des traces de frottement de la motrice sur la partie haute de la semelle supérieure de la poutre latérale gauche



### Les données de maintenance préventive et corrective de la rame 744

Les éléments fournis par la Direction du Matériel de SNCF Mobilités, ECM (Entité Chargée de la Maintenance) concernant la maintenance de la rame 744 ne mettent en évidence **aucune anomalie en relation avec l'accident** :

- Aucun organe ne fait l'objet d'un dépassement de son potentiel,
- Aucun OM SEF (Ordre de Modification concernant la Sécurité de l'Exploitation Ferroviaire) n'est en retard d'application,
- Deux dérogations sont en cours, sans lien avec l'accident,
- La dernière VG (Visite Générale) date du 03-07-2015,
- La maintenance corrective réalisée sur la rame n'amène aucun commentaire.

**Au vu des éléments recueillis, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité concluent que le matériel roulant n'est pas en cause dans cet accident.**

Les éléments recueillis mettent par ailleurs en évidence un délestage généralisé des essieux situés sur la file intérieure de la courbe (côté droit dans le sens de marche), qui ne peut qu'être la conséquence d'un effet de force centrifuge dû à une vitesse trop élevée en courbe.

## 9. CONCLUSIONS

L'ensemble des constats, analyses et expertises sur lesquels le présent rapport d'enquête s'appuie ont été élaborés dans des délais très courts afin de dégager rapidement les premiers éléments de compréhension du déraillement,

Ils nécessiteront des compléments et des approfondissements.

Néanmoins, à ce stade de l'enquête, au vu de l'ensemble des éléments recueillis et élaborés, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF tirent les conclusions suivantes :

- L'enquête ne met en évidence aucune anomalie dans l'état et le fonctionnement de l'infrastructure de nature à avoir provoqué le déraillement. Les dégâts constatés sont tous identifiés comme étant les conséquences du déraillement.
- De même, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité n'identifient aucun élément de défaillance de la rame d'essai n°744 de nature à avoir provoqué le déraillement. Ils ne relèvent non plus aucune anomalie dans la maintenance préventive et curative de la rame
- Enfin, ils ne mettent en évidence aucun élément notable dans la gestion de la circulation

**En revanche, les enquêteurs de la Direction des Audits de Sécurité de SNCF attribuent de façon certaine le déraillement du train d'essai n°814521 du 14 novembre 2015, sur le raccordement de Vendenheim de la LGV Est-Européenne en construction, à une vitesse du train de 243 km/h au point de déraillement, nettement supérieure à celle prescrite au programme d'essai (176 km/h).**

**Cette vitesse trop importante résulte d'une séquence de freinage tardif qui aurait dû être exercé sensiblement plus en amont.**

**Cette vitesse trop importante a conduit à un délestage des essieux situés sur la file intérieure de la courbe (côté droit dans le sens de marche) par un effet de force centrifuge.**

**Le délestage a été suffisamment important pour provoquer le déraillement.**

**A l'issue de cette phase d'enquête, dans un environnement d'organisations complexes, inhérent à la nature même des essais à conduire, la Direction des Audits de Sécurité préconise de poursuivre les investigations, en détaillant les procédures, les processus et leur application, c'est-à-dire dans le domaine des facteurs organisationnels et humains.**