

Rapport d'enquête sur le déraillement du TGV survenu le 31 octobre 2001 à Saubusse-les-Bains

19 avril 2004

**ENQUETE TECHNIQUE
SUR LE DERAILLEMENT DU TGV
SURVENU A SAUBUSSE-LES-BAINS
LE 31 OCTOBRE 2001**

(Affaire n°2001-D260-01)

Rapport

SOMMAIRE

	Page
1 – La mission d’enquête	3
1.1 Engagement de l’enquête	3
1.2 Organisation des travaux	3
2 – Les circonstances et les suites du déraillement	4
2.1 Les circonstances	4
2.2 Bilan humain et matériel	4
2.3 Constatations immédiates	4
2.4 Facteurs ayant influencé la gravité de l’accident	6
2.5 Mesures prises par la SNCF	6
3 – Examen du contexte de l’accident	8
3.1 Statut de la voie	8
3.2 Le rail	8
3.3 Traverses et attaches	11
3.4 Géométrie de la voie – Expertise de l’INRETS	11
3.5 Entretien de la voie	12
3.6 Matériel roulant	12
3.7 Précédentes circulations	12
4 – Scénario de référence	13
4.1 Rappel des constats sur les conditions de la rupture	13
4.2 Scénario possible de rupture	13
5 – Causes et facteurs du déraillement	15
5.1 L’état de la voie	15
5.2 L’absence de circuit de voie	15
5.3 La non détection des défauts développés dans le rail	15
6 – Recommandations préventives	17

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de commande de l’enquête	19
Annexe 2 : Constitution de la commission d’enquête	20
Annexe 3 : Plan de la voie dans la zone du déraillement	22
Annexe 4 : Historique et état du rail	23

1 – La mission d'enquête.

1 – 1 Engagement de l'enquête.

Le mercredi 31 octobre 2001, à 15h03, le TGV 8515 Paris-Irun a subi un déraillement au sud de Dax, à la hauteur de la halte de Saubusse-les-Bains (km 161,950 de la ligne Bordeaux-Irun).

La rame qui circulait à 130 km/h s'est arrêtée en 390 m. La motrice de tête est restée sur les rails, les voitures suivantes ont déraillé et sont restées en position plus ou moins inclinée transversalement, seule la motrice de queue s'était couchée sur la voie. Neuf blessés légers ont été secourus.

Dans les jours qui ont suivi l'accident, le ministre de l'Équipement, des Transports et du Logement a demandé au Vice-président du Conseil Général des Ponts et Chaussées (CGPC) de constituer une commission d'enquête technique et administrative afin de rechercher les causes de l'accident et d'émettre les recommandations de nature à renforcer la nécessité des circulations.

Cette demande a été confirmée par lettre du ministre le 18 décembre 2001. Cette commission a été constituée avec deux membres du CGPC, par décision du 22 janvier 2002 du vice-président du CGPC.

1 – 2 Organisation des travaux.

Les deux enquêteurs ont eu le 8 novembre un premier contact avec les responsables du service IES de la SNCF, et ont examiné les morceaux de rails en cause, récupérés et stockés provisoirement par la SNCF au laboratoire des rails à Saint-Ouen. Ils ont rencontré le 13 novembre le Procureur de la République de Dax, qui a donné son accord pour que les enquêteurs techniques puissent rencontrer les experts judiciaires et échanger les informations issues de leurs investigations notamment sur les rails.

Ils ont le même jour rencontré le directeur régional de la SNCF à Bordeaux, visité la rame accidentée à Bordeaux ainsi que le site du déraillement, et eu un bref entretien avec le conducteur du train.

Le matériel accidenté a été examiné sur place, et ultérieurement sur fosse dans les ateliers de maintenance de la SNCF à Bischheim.

Au cours de l'année 2002, plusieurs réunions à l'Institut Supérieur des Matériaux et Constructions Mécaniques (ISMC-CESTI) à Saint-Ouen, où les rails ont été analysés, avec les experts judiciaires.

Plusieurs réunions de travail ont également eu lieu avec les responsables des services chargés de l'entretien des voies à la SNCF, incluant une tournée avec les engins d'auscultation des rails par ultrasons. Les nouvelles mesures préventives concernant les rails, prises par la SNCF à la suite de l'accident de Saubusse, ont été examinées le 30 mai 2002.

Une expertise a été demandée à l'INRETS concernant l'analyse des sollicitations dynamiques au contact rail/roues, qui auraient pu être causées par des défauts géométriques de la voie et venir aggraver les effets de fatigue du rail (rapport d'août 2002).

Enfin, la mise en forme du rapport d'enquête a été retardée par le changement d'affectation d'un des enquêteurs et l'engagement de nouvelles enquêtes sur deux accidents particulièrement graves en 2002.

2 Les circonstances et les suites du déraillement

2 – 1 Les circonstances

Le déraillement est survenu le mercredi 31 octobre 2001 peu après 15 heures (15h03 selon le premier rapport de la SNCF), au km 161,950 de la ligne Bordeaux-Irun au droit de la halte de Saubusse-les-Bains.

Le point de déraillement se situe peu après le début d'une courbe à droite de 1 000 m de rayon.

Le train concerné est le TGV 8515 reliant Paris à Irun, qui circulait sur la voie 1 et comportait une rame composée de 2 motrices et 10 remorques.

La motrice de tête et la 1^{ère} remorque n'ont pas déraillé ; les remorques suivantes ont déraillé en restant alignées et en prenant une légère gîte. Seule la motrice de queue s'est couchée sur la voie, sans engager le gabarit de la voie opposée qui se situe en intérieur de courbe.

L'alerte a été donnée très rapidement par un riverain et le conducteur a demandé au régulateur la mise en protection de la zone concernée.

2 – 2 Bilan humain et matériel.

Neuf blessés légers ont été secourus, dont trois ont été hospitalisés.

Les dégâts matériels sont importants. Sur les 390 m qui séparent la rupture de rail initiale de la position finale de la motrice de tête, la voie a été détruite sur 280 m environ et quatre supports caténaires en ogive ont été emportés.

Le matériel roulant a été endommagé par les heurts avec les porte-caténaires, ainsi que par les fortes secousses et talonnements subis par les suspensions et les chocs liés au déraillement (roues, boîtes d'essieux). Il n'y a pas de marque de choc sur la face avant du train. La conception articulée de la rame a contribué à sa bonne tenue, et à son maintien en ligne lors du déraillement.

2 – 3 Constations immédiates.

2 – 3 – 1 Enregistrements graphiques

La bande graphique examinée par la SNCF et les experts judiciaires montre que la rame circulait à 130 km/h en arrivant à Saubusse, ce qui correspond à la vitesse normale pour cette voie.

Elle retrace l'arrêt du train après freinage d'urgence, sans faire apparaître de trace d'un choc violent qui aurait secoué les stylets.

2 – 3 – 2 Déclaration du conducteur.

Le conducteur a déclaré avoir ressenti un choc important accompagné d'un bruit évoquant des cailloux écrasés. Il a alors provoqué l'arrêt d'urgence et l'abaissement des pantographes, et a demandé la protection. Dès l'arrêt du train, il a informé le régulateur et est descendu pour visiter la rame, s'assurer de l'alerte des secours et faire descendre les voyageurs.

2 – 3 – 3 Etat de la voie

La voie a été fortement endommagée lors du déraillement, depuis le km 161,950 situé au milieu du quai de la gare de Saubusse, jusqu'au milieu de la rame immobilisée après le

déraillement, vers le km 162,250. On trouvera en annexe 3 un schéma de la situation relevée après le déraillement.

Le rail droit est resté en place ; le dessus du champignon porte des marques de roulement de boudin de roue et de choc.

Le rail de gauche, situé en file haute de la courbe, a été arraché et cassé en plusieurs morceaux à partir de la rupture amont située au pm 950 (les pm sont les points métriques du km 161). Les traverses sont détruites ou abîmées sur leur côté gauche, au delà des 3 premières traverses après la rupture amont, soit à partir du pm 952.

Les morceaux retrouvés du rail de gauche sont décrits ci-après (cf. schémas en annexes 3 et 4), de l'amont vers l'aval :

- Le premier morceau qui suit la rupture amont est un coupon de 2,02 m, qui se situait entre les pm 950 et 952 ; ce coupon été retrouvé posé sur les traverses, à la hauteur de son emplacement initial. Au droit de ce coupon, les 3 traverses qui le portaient ne sont pas marquées par des roues ; seule apparaît une trace transversale qui pourrait avoir été imprimée par le coupon lui-même à l'occasion d'un choc subi lors de son déplacement.
- Ensuite, la tentative de reconstitution du rail fait apparaître une lacune d'environ 80 cm, dans laquelle celui-ci semble avoir été déchiqueté. Deux morceaux de rail correspondant à cette lacune ont été retrouvés à une distance d'environ 80 m, et représentent environ la moitié du volume initial. Les autres fragments n'ont pas été retrouvés.
- Entre les pm 951 et 956, se situe un coupon de 5,50 m retrouvé le long du quai à une dizaine de mètres .
- Au-delà, le rail a été arraché et plus ou moins déformé, avec production d'une autre rupture.

2 – 3 – 4 Matériel roulant (TGV A n°363).

Les enquêteurs ont pu observer la rame accidentée d'abord à Bordeaux, puis sur fosse aux ateliers de la SNCF à Bischheim. Ils ont également eu connaissance des relevés effectués par la SNCF lors de l'accident et à l'EIM des TGV à Châtillon.

Aucune anomalie susceptible d'avoir causé ou facilité le déraillement n'a été constatée, notamment sur le relevé dimensionnel des essieux effectué par la SNCF.

En conséquence l'examen du matériel s'est concentré sur la recherche des marques et traces permettant de préciser les conditions de la rupture du rail à l'origine du déraillement ; cet examen s'est limité à la motrice de tête, et a conduit aux constats ci-dessous :

Etat du bogie A (bogie avant de la motrice de tête)

Premier essieu : La table de roulement de la roue gauche (extérieur de la courbe) comporte un arrachement de métal au milieu et un arrachement de métal à la même hauteur que le premier dans la zone de raccordement avec le boudin (zone ne devant normalement pas toucher le rail).

A partir de cette zone des arrachements, le boudin comporte sur son sommet une marque continue d'enfoncement du métal de 4 à 5 dixièmes de millimètre d'épaisseur au départ, épaisseur diminuant régulièrement jusqu'à l'effacement de cette marque au bout de 70 centimètres (environ un quart de tour de roue) dans le sens de la marche. Cette marque est le signe d'un effort de roulement important, la roue ayant du reposer alors sur le boudin avant de retomber.

Deuxième essieu : Un matage est visible sur les butées de l'amortisseur arrière gauche, signe d'un effort vertical important encaissé par la roue gauche.

Autres observations : Pont moteur avant percé, brosse de contact déformée avec des lames tordues et certaines cassées, traces d'impacts légers sur les ponts moteurs dues aux projections de ballast.

- Etat du bogie B (bogie arrière de la motrice de tête)

La suspension primaire est écrasée. Matages très nets sur les butées des deux amortisseurs avant avec déformation de l'amortisseur gauche (extérieur de la courbe).

Matage très net sur la butée de l'amortisseur arrière gauche avec fissure sur la butée inférieure et déformation de l'amortisseur.

Matage moins important sur la butée de l'amortisseur arrière droit.

- Caisse de la motrice

L'amortisseur arrière gauche du bogie B a heurté la caisse de la motrice et en a localement déformé les tôles.

Une rayure franche parallèle à l'axe de la motrice, de 70 cm de longueur, marque une tôle en aluminium du dessous de la caisse juste à l'arrière du bogie A.

Ces observations confirment que la rupture initiale du rail s'est produite lors du passage du 1^{er} essieu, ou existait déjà avant le passage du train.

2 – 4 Facteurs ayant influencé la gravité de l'accident.

En dehors des facteurs ayant provoqué la rupture initiale et le déraillement et qui sont analysés ci-après, il apparaît que deux circonstances favorables mais fortuites ont contribué à réduire le bilan humain :

- D'une part, le fait que le déraillement se soit produit en voie extérieure de courbe ; s'il s'était agi de la voie intérieure de la courbe, la rame accidentée (et notamment la motrice de queue couchée en dehors de la voie) aurait engagé le gabarit de la voie opposée et aurait pu être heurtée par un train croiseur ;
- D'autre part, l'absence d'ouvrage d'art ou d'obstacle dur qui aurait pu être heurté par la rame sortie de son gabarit.

Dans des conditions moins favorables, le bilan humain de l'accident aurait donc pu se trouver sensiblement alourdi.

2 – 5 Mesures prises par la SNCF.

A la suite du déraillement de Saubusse, différentes mesures ont été décidées par la SNCF.

Campagne d'auscultation exceptionnelle.

La SNCF a engagé une importante campagne d'auscultation ultrasons (à la canne) sur l'ensemble des voies jugées critiques : voies âgées, files hautes en courbe de rayon inférieur à 1.200 m, absence de circuit de voie avec des vitesses pratiquées supérieures à 100 km/h.

Sur 8 000 km de voies sans circuit de voie à vitesse supérieure à 100 km/h, 4 000 km cumulant des facteurs de risque ont été auscultés.

Cette campagne d'auscultation spécifique a permis de détecter 5 000 défauts de rails sur les 4 000 km auscultés, développés depuis les dernières auscultations ou non détectés par celles-ci.

Remise à jour du référentiel de maintenance

Un nouveau référentiel de maintenance du rail a été appliqué à partir de septembre 2002, renforçant la surveillance des lignes présentant des facteurs à risques (âge, absence de circuit de

voie, rails en file haute de courbe) et durcissant les critères de classement des défauts en file haute de courbe. La fréquence des auscultations est renforcée sur les lignes anciennes sans circuit de voie.

Amélioration des techniques d'auscultation ultrasons

Il est prévu d'améliorer les détecteurs ultrasons dont sont équipés les engins lourds d'auscultation, de manière à étendre leur champ de détection, notamment pour les défauts subverticaux ou excentrés (mise en œuvre de faisceaux élargis, d'analyses de diffraction permettant une détection de défauts subverticaux, de techniques de reconnaissance des formes ou d'utilisation des courants de Foucault).

Rénovation des voies.

La SNCF a proposé à RFF d'accélérer en 2002 le rythme de remplacement des rails (environ 700 km par an).

3 – Examen du contexte de l'accident.

3 – 1 Statut de la voie.

La voie Bordeaux-Irun, sur laquelle s'est produit le déraillement, est classée en groupe 5 UIC.

Elle a un trafic d'environ 21 000 tonnes par jour.

La vitesse maximale autorisée est de 130.km/h.

La voie a été posée en 1953. Elle est depuis 1984 constituée de LRS obtenu par réemploi de barres de 18 m existantes (rails 50 kg U36). Les traverses sont en bois, progressivement remplacées par des traverses en béton.

Le cantonnement utilise un bloc automatique BAPR à compteur d'essieux, dépourvu de circuit de voie ; il ne permet donc pas de détecter une rupture de rail.

3 – 2 Le rail.

3 – 2 – 1 Etat local dans la zone de déraillement.

Les rails sont des rails de 50 kg/mètre.

Le recalage des km par rapport au terrain a été fixé grâce à la marque sur le rail localisant le défaut du km 161,950. Cette marque de peinture coïncide d'ailleurs avec la rupture amont du rail gauche constatée après le déraillement.

Historique

Sur une longueur de 40 m (20 m de part et d'autre de la rupture amont) le rail gauche présentait de nombreuses singularités liées à des réparations et interventions successives. Le schéma joint en annexe 4 représente l'état initial le plus probable, compte tenu d'incertitudes de localisation ou de divergences apparentes entre certains documents utilisés.

Avant le p.m. 953, le rail est d'origine et date de la constitution du LRS en 1984. Au-delà du p.m. 953, on trouve un patchwork de coupons de récupération mis en place lors de réparations de défauts, et qui se recouvrent parfois mutuellement.

Soudures

Le rail porte de ce fait de nombreuses soudures : 3 soudures aluminothermiques (SA) aux p.m. 946, 953 et 958, en sus d'une soudure électrique (SE) d'origine au p.m. 949. Ces soudures respectent les intervalles minimaux requis (4 m entre deux SA, 2 m entre SE et SA) mais constituent des points de moindre résistance ; sur les 4 ruptures observées dans le rail détruit dans l'accident, deux concernent des SA.

Métallurgie

L'hétérogénéité des constituant du rail était présente dès la constitution du LRS avec des rails de réemploi. Le rail utilisé à l'aval de la soudure électrique du p.m. 949 est du rail NMC, connu pour être sujet à l'apparition de défauts ; ce coupon s'étendait des p.m. 949 à 953, zone critique dans le déroulement du déraillement (2 défauts classés X2, 3 ruptures, une lacune où le rail a « explosé »).

3 – 2 – 2. Expertise des rails.

Après un premier examen au Laboratoire des Rails de la SNCF, les rails de la zone critique ont été mis à la disposition des experts judiciaires au Laboratoire de Physique des Matériaux de l'ISMCM à Saint-Ouen.

L'expertise a relevé (avec les notations du schéma joint en annexe 4) :

a) Une marque à la peinture blanche sur la semelle à l'extrémité du rail resté en place, juste avant la fracture F1. Cette marque a été associée à un défaut (classe 0) repéré et suivi depuis 1993, et localisé au pm 950. Cette association a permis d'attribuer à la rupture F1 le pm 950 et ainsi de recalibrer les bases de localisation utilisées, le repérage des pm sur le terrain n'étant par ailleurs pas toujours assuré avec une grande précision.

b) Sur les deux faces de la fracture F1, une tache ovale de 43x35 mm légèrement décentrée à gauche dans le champignon du rail, et couvrant environ la moitié de sa surface. Ce défaut repéré « A » sur le schéma est classé X2 (appelant normalement un éclissage et une réparation sous 1 mois lorsqu'il est repéré). En outre et dans le même plan de fracture, une fissure plate transversale de 18x6 mm est observée dans le congé de roulement du rail.

Une écaille de la surface de roulement a été arrachée sur 5 cm environ sur le rail resté en place au nord de F1 ; cette écaille s'est formée par fissuration longitudinale sous la surface du rail, sous les efforts de flexion lors des passages de roues, lors de l'achèvement de l'ouverture de la fracture F1.

c) Sur les deux faces de la fracture F2, une tache ovale de 25x31 mm, avec en outre une fissure transversale (head checking) dans le congé de roulement. Ce défaut repéré « B » est à classer X2 également.

Les deux défauts A et B se situent aux deux extrémités du coupon de 2,02 m ; cet écartement est donc très proche de l'intervalle de 2m entre deux défauts classés X2, qui justifierait un surclassement de « X2 » à « S ».

3 – 2 – 3. Auscultations réalisées par la SNCF

Le rail a fait l'objet dans la zone du déraillement de deux auscultations par ultrasons depuis 1999 :

- auscultation par engin lourd le 10 février 1999, 32 mois avant le déraillement ;
- auscultation à la canne le 17 mai 2000, 17 mois avant le déraillement.

Le défaut situé en B à l'aval du coupon de 2,02 m n'a pas été détecté lors de ces auscultations.

Le délai de base entre deux auscultations est de 30 mois pour les lignes du groupe UIC 5 ; cette référence était jusqu'en 2001 modulable entre 18 et 48 mois selon la situation locale et les facteurs de criticité. Depuis juin 2001 la SNCF a décidé un resserrement des fréquences d'auscultation ultrasonore sur les lignes sans circuit de voie ; l'intervalle maximum, pour les voies concernées du groupe UIC 5, a été ramené alors de 48 mois à 30 mois. Cette décision a été prise au vu de la fréquence des défauts constatés à l'occasion de la campagne exceptionnelle d'auscultation par engin lourd engagée en 2000 au niveau national sur les lignes sans circuit de voie.

Ce délai de 30 mois aurait normalement conduit à une nouvelle auscultation ultrasonore sur la ligne Bordeaux-Bayonne avant septembre 2001; cette auscultation n'avait cependant pas encore été réalisée lors du déraillement du 31 octobre.

3 – 2 – 4 Retour d'expérience de la SNCF sur les déraillements, les ruptures et les défauts de rail.

Observations au niveau national.

Sur l'ensemble du réseau ferroviaire national et sur 10 ans, 500 à 800 ruptures de rail se produisent chaque année, avec une tendance à la baisse; 14 à 18 % sont dues à la fatigue interne et 30 à 35 % à des défauts dans des soudures. Ces ruptures n'ont entraîné depuis 1998 que deux déraillements (à Saubusse et à Saint-Galmier). Une rupture de rail n'entraîne donc que très rarement (peut-être une fois sur mille) un déraillement, qui implique une présence de facteurs aggravants.

Cas de la ligne Dax-Bayonne (50 km).

Cette ligne est armée avec des rails anciens de qualité métallurgique souvent modeste voire médiocre. En 12 ans (de 1990 à 2001) 39 ruptures de rail ont été observées sur la voie 1; elles sont imputables à des ruptures de soudures pour environ 1/3 (proportion comparable à la proportion nationale), à la fatigue interne du champignon pour environ 1/3 (proportion plus forte qu'en moyenne nationale) et pour 1/3 à d'autres raisons.

La fréquence des ruptures de rail sur la voie 1, soit 6,5 par an pour 100 km de voie, apparaît beaucoup plus élevée qu'en moyenne nationale (1,1 rupture pour 100 km).

Par ailleurs cette ligne ne comporte pas de circuit de voie, et les ruptures de rail y sont le plus souvent détectées lors du passage d'un train, alors que sur des lignes avec circuit de voie celui-ci détecte 80 % des ruptures avant qu'il n'y ait eu de bruit ou de secousse perceptible dans un train; le risque de déraillement sur rupture de rail, tout en restant faible, est donc nettement plus élevé sur cette ligne que sur la moyenne du réseau.

Cette situation, associant une fréquence élevée des ruptures de rail et l'absence de circuit de voie, appelle des mesures adéquates et justifierait une priorité dans les programmes de rénovation et de mise en place de circuits de voie.

En ce qui concerne l'efficacité des auscultations ultrasonores, les deux précédentes réalisées en 1996 et 1999 fournissent un ordre de grandeur. Sur la voie 1, entre les PK 147 et 172 (soit 25 km), elles ont détecté globalement 21 défauts classés 0 devant faire l'objet d'un suivi, et 44 défauts classés X1 et X2 impliquant une réparation. Pour une période couverte de 3 ans par auscultation, cela représente de l'ordre de 30 défauts classés X détectés par an pour 100 km de voie.

Si l'on rapporte ce ratio à celui des ruptures de rail, on voit donc que les auscultations réalisées sur cette voie 1 ont permis de prévenir de l'ordre de 80 % des ruptures de rail potentielles.

Par ailleurs, on constate au niveau national qu'environ 20 % des ruptures sont dues à des défauts déjà repérés par les auscultations US, en général des défauts classés 0 dont l'évolution n'a pas été détectée à temps. Il semble que tel était le cas pour le défaut A mis en évidence lors du déraillement de Saubusse, qui était connu depuis 1993.

Enfin, on observe au niveau national que moins du tiers des ruptures dues à des défauts non détectés se produit alors que le dernier contrôle US est récent (moins de 5 Mt transportées depuis).

Dans le cas de Saubusse, avec un trafic de 21 000 tonnes par jour (2 sens), on peut considérer que 10 Mt environ étaient passées sur la voie 1 depuis le contrôle US de février 1999

(et 5 Mt depuis le contrôle à la canne de mai 2000 qui n'a porté que sur les défauts déjà connus tels que le défaut A); ces contrôles n'étaient donc pas très récents vis à vis des tonnages transportés.

On voit donc l'intérêt qu'il y a à améliorer les techniques d'auscultation ultrasonores et à renforcer leur mise en œuvre notamment sur les voies ne comportant pas de circuit de voie (par resserrement des fréquences d'auscultation, et suivi attentif des défauts repérés ne justifiant pas d'intervention).

3 – 3 Traverses et attaches.

Sur la voie concernée, les rails sont posés sur des traverses en bois anciennes, dont certaines avaient déjà été ponctuellement remplacées par des traverses en béton. Dans la zone du déraillement (km 161,742 à 162,245) leur état général médiocre avait conduit à prévoir leur remplacement complet par des traverses en béton; ce remplacement devait être effectué en novembre 2001 et le chantier était déjà approvisionné lors du déraillement du 31 octobre. Le contrôle des attaches et le rétablissement d'efficacité ont été effectués entre février et mai 2001 (zone classée « sensible »).

Dans la zone précise des ruptures amont du rail gauche ayant provoqué le déraillement, les traverses et attaches ont pu être observées après le déraillement mais n'ont pas été conservées lors de la réparation de la voie.

Dans la zone de la « lacune » qui suit immédiatement le coupon de 2 m, les traverses ont été détruites sous le rail gauche lors du déraillement. Les traces d'attaches relevées sur les semelles des morceaux de rail récupérés montrent que l'espace vide entre les deux traverses entourant le début de la lacune était de l'ordre de 50 cm, et correspondrait à un travelage d'environ 75 cm, plus élevé que la normale.

Cet espacement important se situe précisément sous la partie amont de la lacune où aucun morceau du patin n'a été retrouvé. Il a pu contribuer à aggraver l'effet du choc de la descente d'une roue contre le patin qu'elle a arraché, selon le scénario probable du déraillement décrit ci-après.

3 – 4 Géométrie de la voie – Expertise de l'INRETS.

L'écartement des rails est contrôlé à travers les relevés « Mauzin » effectués deux fois par an. Ils permettent de vérifier en premier lieu si cet écartement reste dans la fourchette objectif fixée pour la voie concernée (par exemple : 1,475 m-1,439 m) ou atteint les seuils pouvant impliquer des ralentissements (par exemple : 1,420 m-1,450 m).

Dans la zone du km 161, les relevés effectués en mars et octobre 2001 ont mis en évidence deux surécartements de 10 à 15 mm (a priori non critiques) et un sous-écartement de 13 mm. Compte tenu de la faible distance sur laquelle s'effectue ce resserrement, il pouvait engendrer des sollicitations dynamiques importantes sur les rails.

Dans ces conditions, il a été demandé à l'INRETS d'effectuer une simulation des forces de contact roue-rail dans la zone de l'accident, à l'aide de son logiciel VOCOLIN appliqué à la motrice du TGV.

Les experts de l'INRETS ont eu des difficultés à assurer la correspondance des km « Mauzin » et des km « terrain » ; les km « Mauzin » sont en effet recalés à vue par l'opérateur, avec une imprécision de plusieurs dizaines de mètres. Ce n'est qu'après le relevé de mars 2002 (après l'accident) que les défauts d'écartement ont pu être recalés sur le terrain, avec un décalage

de 95 m par rapport à l'hypothèse du premier rapport provisoire. Les trois défauts de géométrie ont été évalués comme suit :

- les surécarterments se situent au km 161,940 (soit 10 m avant la rupture initiale du rail) et au km 161,990 (soit 40 m à l'aval de la rupture initiale). Ces défauts n'ont pu entraîner que des sollicitations dynamiques modérées (environ 4 tonnes transversalement) et n'ont pas eu d'incidence sur le déraillement;
- le sous-écartement est un resserrement rapide du rail, situé au km 162,055 soit environ 105 m à l'aval du point de rupture amont. Bien qu'il ait entraîné des sollicitations transversales fortes (de l'ordre de 12 tonnes), il ne paraît pas non plus impliqué dans l'origine de l'accident du fait de son éloignement.

3 – 5 Entretien de la voie

La voie doit faire l'objet de tournées de surveillance périodiques, et d'opérations de maintenance corrective (réparations) ou préventive (contrôles) qui concernent tous les composants de la voie (ballast, rails, géométrie, attaches, traverses).

Ces opérations ont été normalement effectuées et n'appellent pas de remarques, si ce n'est celle, déjà exprimée, qui concerne le délai de réalisation du dernier contrôle ultrasonore des rails.

3 – 6 Matériel roulant.

Les examens effectués sur le matériel roulant n'ont mis en évidence aucune anomalie permettant de le mettre en cause dans le déraillement.

3 – 7 Précédentes circulations.

Les dernières circulations intervenues sur la voie avant le passage du TGV sont les suivantes :

- Vers 14h20 (40 mn avant le TGV), une locomotive haut le pied (train 84467) ;
- Vers 14h07, train 511961 MI de l'Équipement ;
- Vers 13h55 train de fret 84115.

Aucune anomalie n'a été signalée par les conducteurs, et aucune trace particulière n'a été relevée sur le matériel concerné.

4 – Scénario de référence.

4 – 1 Rappel des constats sur les conditions de la rupture.

Les constats présentés précédemment permettent d'établir que :

- le déraillement est effectif dès le bogie de tête de la motrice (impacts de ballast, déformation de la brosse de contact) ;
- la roue gauche du 1^{er} essieu porte la marque d'un choc important sur la table de roulement et sur le flanc intérieur du boudin (suivie d'une marque de 75 cm le long du bord du boudin) ;
- aucune trace clairement liée au déraillement n'apparaît sur les matériels ayant circulé juste avant le TGV ;
- par ailleurs, sur le rail droit, une marque de boudin sur le haut du rail apparaît sur 5,50 m après la lacune, et est suivie de traces de déraillement à l'extérieur et à l'intérieur de ce rail (chocs sur les tire-fonds).

4 – 2 Scénario possible de rupture.

4 – 2 – 1. Ruptures du rail.

Les constats précédents amènent à distinguer deux épisodes du déraillement dans la zone des ruptures amont du rail : d'une part l'éjection relativement « tranquille » (avec déplacement latéral d'environ 1 m) du coupon de 2 m limité par les deux défauts A et B, et d'autre part la destruction violente du rail dans la lacune de 80 cm qui suit ce coupon .

Les ruptures initiales se sont produites au niveau des deux défauts classés X2 aux extrémités du coupon de 2 m retrouvé sur la voie.

4 – 2 – 2. Séparation du coupon de 2 m.

La croissance des défauts d'extrémité classés X2 a entraîné la perte progressive de rigidité longitudinale du rail, et le renforcement des effets de fatigue lors du passage des roues . Parallèlement, cette perte de rigidité longitudinale s'est traduite par des sollicitations transversales accrues sur les attaches des 3 traverses portant le coupon ; compte tenu de l'ancienneté et de l'état des traverses, ces attaches ont progressivement pu perdre leur efficacité.

Tant qu'il n'y a qu'une seule rupture (à une extrémité de ce coupon) et que le rail reste maintenu par ses attaches, il n'y a pas de conséquences directes pour les trains qui circulent. Une simulation effectuée par l'INRETS indique que, même si une attache était devenue inefficace avec un porte à faux de 60 cm à l'amont d'une rupture, la force centrifuge due à la courbe (environ 2 à 3 T par roue) ne déplacerait l'extrémité du rail que de 1 à 2 mm.

On peut donc supposer que le coupon a été rendu plus mobile pour que le déraillement puisse intervenir, par l'apparition d'une seconde rupture à l'autre extrémité et le relâchement des attaches. L'éjection du coupon a pu intervenir après les ruptures du rail au droit des deux défauts et l'ouverture d'attaches côté intérieur du rail (deux traverses sur les trois semblent avoir conservé des attaches côté extérieur après le déraillement).

Les traces de rail en biais sur le centre des traverses amont suggèrent un pivotement du coupon autour des attaches de la traverse aval, suivi d'un écrasement contre les traverses. Cet écrasement sur les traverses pourrait avoir été appliqué par un élément tel que le carter du réducteur du premier essieu de la motrice (qui porte des traces visibles) lors du début de chute de

l'avant de la motrice après la perte d'appui sur le rail. Cependant d'autres scénarios restent possibles.

4 – 2 – 3. Destruction du rail dans la zone de la lacune.

Le mécanisme de cette destruction a été éclairé par l'expert judiciaire. Il implique successivement :

- la descente violente d'une roue gauche du 1^{er} bogie sur le côté intérieur du rail ;
- le choc de cette roue sur le patin dans une zone non soutenue par une traverse, avec arrachement du patin (morceau non retrouvé) et déformation de l'âme restante du rail ;
- le choc des autres roues déformant et arrachant le champignon résiduel et déchiquetant le rail jusqu'à la soudure aluminothermique à l'extrémité aval de la lacune.

4 – 2 – 4. Succession des pertes de rail.

L'ordre de succession du détachement de coupon et de la destruction de la lacune n'est pas établi avec certitude.

L'hypothèse d'un détachement initial du coupon a l'avantage d'expliquer la violence du choc de la roue avant gauche (boudin et table de roulement) de la motrice contre le rail de la lacune : cette roue aurait en effet pu, selon un calcul de l'INRETS, survoler en tombant les trois traverses du coupon manquant et se retrouver presque au niveau des traverses au moment où elle heurte le rail de la lacune. Si elle était restée sur le rail, il n'y aurait pas eu de choc important sur la table de roulement. Par ailleurs, ce choc violent sur la roue gauche peut expliquer « dynamiquement » une rotation et une mise en travers du bogie, avec montée de la roue droite du 2^{ème} essieu sur le rail droit (expliquant les traces sur le rail et le début de « déraillement à droite ») et avec descente de la roue gauche de ce 2^{ème} essieu le long du rail gauche (expliquant la première phase de destruction de la lacune).

Cependant, aucune simulation dynamique du choc sur la roue gauche du bogie n'a été effectuée pour reconstituer un tel scénario. Par ailleurs, ce scénario suppose que le coupon était déjà pratiquement détaché après le dernier passage de train (40 mn avant le TGV). Il n'y a malheureusement pas eu d'observation pour le confirmer.

On peut également supposer que la séparation complète du coupon n'est intervenue qu'en second lieu, après la rupture du défaut aval, le déraillement et la destruction de la lacune ; elle aurait alors été provoquée, le coupon étant déjà sectionné à l'aval et presque sectionné à l'amont, par l'effort du freinage d'urgence des roues de la rame.

Il faudrait alors supposer, pour expliquer la violence du choc initial de la table de roulement de la roue contre le rail, et la descente de roue côté intérieur de la voie au niveau de la lacune, que le coupon était déjà mobile lors du passage du premier essieu (rompu à l'aval et quasi rompu à l'amont, attaches devenues très lâches).

En conclusion, les scénarios envisagés pour expliquer le déraillement supposent une situation initiale lors du passage du TGV où le coupon de 2 m est sinon détaché, du moins mobile. La présence, à 2 m d'intervalle, des deux défauts classés X délimitant ce coupon peut ainsi être considérée comme une cause essentielle de ce déraillement.

5 – Causes et facteurs du déraillement.

L'examen des circonstances du déraillement et du scénario possible font apparaître plusieurs causes ou facteurs aggravant ayant pu jouer un rôle dans l'événement :

- l'état de la voie (rail, traverses et attaches) ;
- l'absence de circuit de voie ;
- la non détection des défauts développés dans le rail.

5 – 1 Etat de la voie

Même si la voie respecte les normes minimales, son état reste médiocre sous plusieurs aspects :

- rail ancien et métallurgie sujette à défauts de fabrication ;
- fréquentes réparations, au coup par coup, parfois superposées, se traduisant par de nombreuses soudures SA constituant des points de fragilité.
- traverses anciennes et attaches sujettes à desserrement .

Cette voie qui assure la liaison Paris-Hendaye avec des circulations de TGV et un trafic fret de 21 000 T/jour, n'est classée qu'en groupe 5 de la classification UIC.

La politique de régénération établie entre RFF et la SNCF pour ce type de voie ne prévoit qu'un rythme de rénovation modeste. Il serait souhaitable de tenir compte de la criticité des lignes concernées, et notamment de l'absence de circuit de voie, pour rénover plus rapidement une section telle que Dax-Bayonne.

5 – 2 L'absence de circuit de voie.

La première rupture du rail s'étant vraisemblablement produite avant le passage du TGV, il apparaît qu'une exploitation avec circuit de voie aurait dans ce cas probablement pu prévenir le déraillement.

Sur les quelque 5 238 km de lignes du groupe 5 UIC parcourues à plus de 100 km/h, seuls 817 km sont dépourvus de circuit de voie, dont la section de ligne Dax-Bayonne.

Il serait souhaitable d'exploiter avec circuit de voie la totalité de la ligne Bordeaux-Hendaye, surtout si l'on prend en compte la fréquence des ruptures de rail observée sur cette section Dax-Bayonne.

5 – 3 La non détection des défauts développés dans le rail.

Les deux défauts qui se sont développés de part et d'autre du coupon de 2 m ont conduit à une rupture, sans que l'existence du premier ni l'évolution du second aient été détectées lors des auscultations réalisées.

La précédente campagne d'auscultation ultrasonique par engin lourd date de février 1999. Entre cette date et octobre 2001, environ 20 Mt ont été transportées sur la ligne , soit 10 Mt sur la voie 1. Le défaut A (amont) a pu apparaître et passer, comme le défaut B (aval), au classement X2 dans cet intervalle.

Il est vraisemblable, si l'auscultation suivante avait pu être organisée avant le déraillement, que ces deux défauts devenus importants auraient été détectés.

Il apparaît donc que l'amélioration de la prévention doit viser à la fois un resserrement des fréquences d'auscultation, et l'amélioration de la fiabilité de détection et de caractérisation des défauts.

La SNCF avait déjà pris des mesures en ce sens déjà avant le déraillement de Saubusse ; elle les a renforcées depuis avec la mise en place du nouveau référentiel rail en septembre 2002, avec des critères de classement plus sévères en file haute de courbe, ou en l'absence de circuit de voie.

Les nouvelles techniques d'auscultation à développer à moyen terme incluent l'analyse par courants de Foucault et effets de diffraction, pour détecter et caractériser des défauts excentrés ou profonds. On peut signaler qu'un capteur expérimental à courants de Foucault a été développé, dans le cadre du programme de recherche Predit, par l'INRETS avec la RATP et des industriels.

6 – Recommandations préventives.

L'examen des circonstances et causes du déraillement à Saubusse conduit à formuler les recommandations suivantes, qui concernent la SNCF et également RFF.

- Sur la modernisation des voies du groupe 5 UIC supportant des trafics de voyageurs à des vitesses supérieures à 100 km/h :

R1 - Renforcer le programme de rénovation des voies anciennes, et de mise en place d'un circuit de voie sur les lignes qui en sont dépourvues ; donner la priorité aux voies présentant (comme la section Dax-Bayonne) des facteurs d'aggravation des risques, tels que l'absence de circuit de voie, des circulations rapides, ou une fréquence anormale de ruptures de rails.

- Sur l'auscultation des rails par ultrasons :

R2 - Suivre la mise en œuvre des prescriptions du nouveau référentiel rail, en s'assurant que les fréquences accrues d'auscultation pourront être, dès maintenant, effectivement respectées avec les moyens nécessaires.

R3 - Poursuivre la recherche et le développement des techniques susceptibles d'améliorer le taux de détection et la pertinence de qualification des défauts de rail.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de commande de l'enquête.

Annexe 2 : Constitution de la commission d'enquête.

Annexe 3 : Plan de la voie dans la zone du déraillement.

Annexe 4 : Historique et état du rail

Annexe 1

*Le Ministre de l'Équipement, des Transports
et du Logement*

18 DEC. 2001

N° 2001-0260-01

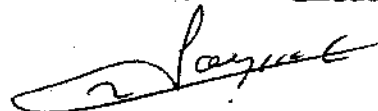
Monsieur le Vice-Président

Le 31 octobre 2001 à 15 heures, le TGV 8515, assurant la liaison entre Paris et Hendaye, a déraillé à la hauteur de Saubusse- les- Bains, dans le département des Landes.

Le comportement de la rame a permis qu'il n'y ait eu que quelques blessés légers parmi les passagers, mais cet événement, exceptionnel, aurait pu avoir des conséquences bien plus dommageables.

Je vous demande, en conséquence, de constituer une commission d'enquête technique et administrative. Cette commission aura pour mission de rechercher les causes de l'accident, en prenant en compte notamment les travaux d'investigation menés par la SNCF, et d'émettre les recommandations qui seraient de nature à renforcer la sécurité des circulations.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Vice-Président, l'expression de ma considération distinguée.

Bien cordialement

Jean-Claude GAYSSOT

Monsieur Georges MERCADAL
Vice-Président du Conseil Général
des Ponts et Chaussées
Tour Pascal B
92055 PARIS LA DEFENSE CEDEX 04

Annexe 2



la Défense, le 22 JAN. 2002

Affaire n° 2001-0260-01

Ministère
de l'Équipement
des Transports
et du Logement



Conseil Général des
Ponts et Chaussées

Le Vice-Président

DECISION

constituant une commission spéciale d'enquête
chargée d'analyser les circonstances du déraillement du TGV
survenu le 31 octobre 2001 à Saubusse-les-Bains (Landes)

Le Vice-président du conseil général des ponts et chaussées,

Vu le décret n° 86-1175 du 31 octobre 1986 relatif au conseil général des ponts et chaussées et à l'Inspection générale de l'équipement,

Vu l'arrêté du 6 janvier 1987 relatif au fonctionnement du conseil général des ponts et chaussées,

Vu l'arrêté du 15 mars 1995 relatif à l'organisation des sections du conseil général des ponts et chaussées,

Vu la lettre du Ministre de l'équipement, des transports et du logement en date du 18 décembre 2001,

Sur proposition de la présidente de la 2ème section et du secrétaire général ;

DECIDE**Article 1^{er} :**

Il est créé une commission spéciale d'enquête chargée d'analyser les circonstances du déraillement survenu le 31 octobre 2001 à Saubusse-les-Bains dans le département des Landes au TGV 8515 assurant la liaison Paris - Hendaye et d'en rechercher les causes.

La commission s'attachera, à la lumière des constatations effectuées, à tirer les enseignements de cet accident et à faire toutes propositions de nature à renforcer la sécurité des circulations.

Article 2 :

La commission est ainsi composée :

- Monsieur Jean-Gérard KOENIG, ingénieur général des ponts et chaussées ;
- Monsieur Michel QUATRE, ingénieur général des ponts et chaussées.

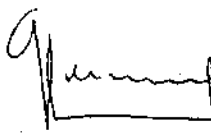
Tour Pascal B
92055 La Défense cedex
Téléphone :
01 40 81 21 22
Télécopie :
01 40 81 62 62
Mél. : Cgpc
@equipement.gouv.fr

MLG.T. n° 3/4
PARIS
Courrier Arrivés

24 JAN 2002

Article 3 :

La commission pourra faire appel au concours de tout expert ou de tout organisme de recherche et d'essais qu'elle estimera nécessaire et entendre toute personne dont l'audition sera jugée utile.



Georges MERCADAL

Copies : *Mme la présidente et M. le secrétaire de la 2ème section*
MM. KOENIG, QUATRE
M. le président et M. le secrétaire de la 4ème section
M. SELIGMANN

Historique et état du rail au voisinage du km 161,950

