

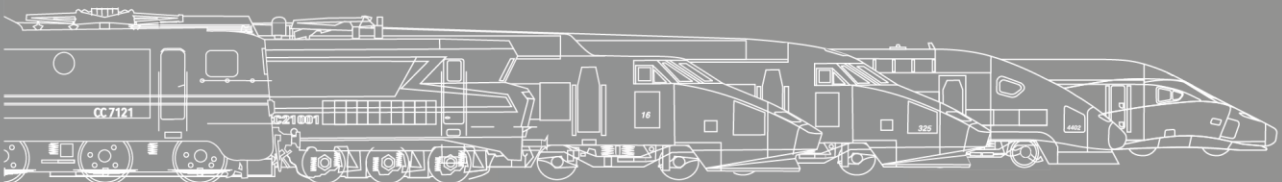
*Histoire*

# Le projet V150

**Une aventure technique et humaine**

*Alain JEUNESSE avec la collaboration de  
François LACÔTE et Daniel BEYLOT*

*3 avril 2022*



## **A nos collègues et amis,**

Alain CUCCARONI,

Jean-Pierre LAMON,

Georges PALAIS...

Pierre DELFOSSE,

Serge MONTAGNÉ,

A ceux de Eckwersheim.

## **Bibliographie**

---

Christian COURTOIS, François LACÔTE, Marc PROVOOST, Victor SABATE  
Traction électrique ferroviaire, Technique de l'Ingénieur. D5500. 1999.

Claude SOULIÉ, Jean TRICOIRE, Le Grand Livre du TGV. 2002 Editions La  
Vie du Rail.

Alain JEUNESSE, Michel ROLLIN. La motorisation du TGV POS. Revue  
Générale des Chemins de Fer, Mars 2004.

Philippe HERISSÉ, la Vie du Rail Magazine n°3100 du 25 avril 2007.

François LACÔTE, Jacques COUVERT, Alain CUCCARONI, 574,8km/h,  
Les Essais, Le Record. Revue Générale des Chemins de Fer, Mai 2007

V150 Le train de l'excellence. Edité par Alstom en avril 2007.

Philippe MIRVILLE, 574,8km/h. L'Excellence ferroviaire française. Timée-  
Editions.

Construire l'avenir. Photographies Jean-Jacques d'ANGELO, Réalisation  
Jean-Michel ANGLES. impression e-Center, janvier 2009

TGV 30 ans de grande vitesse. Des savoir-faire au service d'un système.  
Revue Générale des Chemins de Fer. Editions Hervé Chopin 2011.

Marc DEBRUYNE, Apport de l'électronique de puissance pour la Traction  
Electrique. Technique de l'Ingénieur D3278. 2011.

Jean Pierre MAUBERT, Histoire des records du monde de vitesse sur rail.  
Décembre 2021.

# Table des matières

<b>Bibliographie</b> .....	2
<b>Introduction</b> .....	5
<b>1- La genèse du projet</b> .....	5
<b>2 - D'abord, il faut convaincre</b> .....	6
<b>3 - Un projet « Top Secret » connu de tous...</b> .....	6
3.1 - Une ligne et une rame TGV définies pour le 320 km/h .....	7
3.2 - Le choix du domaine d'essais .....	7
3.3 - La rame d'essais .....	8
<b>4 - La construction d'un record</b> .....	9
4.1 - « Des hommes, un défi ! ».....	9
4.2 - Les contraintes de la mise en service commercial de la LGV EE.....	10
4.3 - Les simulations de marche .....	10
<b>5 - L'infrastructure pour un record</b> .....	11
5.1 - La voie .....	11
5.2 - La caténaire .....	12
5.3 - Alimentation électrique de la zone d'accélération.....	13
<b>6 - Construction de la rame d'essais</b> .....	14
6.1 - Aérodynamique de la rame .....	15
6.2 - Comportement dynamique, stabilité.....	20
6.3 - Les chaînes cinématiques .....	22
6.4 - Structures de caisse .....	23
6.5 - Les renforcements des structures de caisse.....	25
6.6 - Le captage.....	28
6.7 - La propulsion.....	30
6.8 - Le freinage .....	31
<b>7 - Les adaptations réalisées sur la rame</b> .....	33
7.1 - Adaptations réalisées par le Technicentre de Bischheim.....	33
7.2 - Les réalisations et la mise en rame à Aytré.....	33
7.3 - Le Contrôle-Commande de la rame .....	34
7.4 - La rame « V150 ».....	34
7.5 - Composition de la rame « V150 » .....	34
7.6 - Bilan masse.....	35
7.7 - Caractéristiques principales comparées de la rame V150.....	35
<b>8 - Les montées en vitesse</b> .....	36
8.1 - La sécurité des circulations sur le domaine d'essais .....	36
8.2 - La rame de « servitude ».....	39
8.3 - Essais préliminaires .....	39
<b>9 - Le déroulement des marches à très grande vitesse</b> .....	40
9.1 - Bilan de la première phase : du 15 janvier au 28 février 2007 .....	40
9.2 - Mise à disposition de la rame pour la communication .....	44

<b>10 - La deuxième phase</b> .....	<b>44</b>
<b>10.1 - La journée du 3 avril : le jour « J »</b> .....	<b>49</b>
<b>10.1.1 - Bilan de la deuxième phase : du 28 mars au 3 avril 2007</b> .....	<b>53</b>
<b>10.1.2 - Un premier bilan de cette fabuleuse campagne d'essais</b> .....	<b>53</b>
<b>10.2 - Marches « post-record »</b> .....	<b>57</b>
<b>Le record du monde « de freinage » !</b> .....	<b>58</b>
<b>La maintenance</b> .....	<b>59</b>
<b>11 - Bilan, analyse et retombées</b> .....	<b>60</b>
<b>11.1 - Récapitulatif de l'ensemble de l'Opération « V150 »</b> .....	<b>60</b>
<b>11.2 - Bilan global et retombées</b> .....	<b>61</b>
<b>12 - A chacun son record</b> .....	<b>64</b>
<b>12.1 - Temps de parcours pour chacun des records</b> .....	<b>64</b>
<b>10.2 - Une idée des puissances captées à la caténaire</b> .....	<b>65</b>
<b>10.3 - Un record ça se construit</b> .....	<b>66</b>
<b>Une méthodologie commune</b> .....	<b>66</b>
<b>13 - Conclusion</b> .....	<b>67</b>
<b>14 - Les premières impressions recueillies « à chaud »</b> .....	<b>68</b>
<b>15 - Témoignages</b> .....	<b>72</b>

# Le projet V150

## Une aventure technique et humaine

### Introduction

---

Cette étude tente de partager les difficultés, les doutes, les émotions que toutes les équipes du « projet V150 » ont ressenties pendant les mois de préparation et surtout pendant les montées en vitesse du premier trimestre 2007. Cette fabuleuse aventure technique et humaine aboutissant à un record de vitesse sur rail se partage également entre toutes les activités de l'opérateur ferroviaire, les concepteurs, tous les collègues de la maintenance, les constructeurs de l'infrastructure, mais aussi avec tous les industriels et même tous les téléspectateurs qui devant leurs écrans ont exprimé tant de plaisir. Un grand merci aux extraordinaires spectateurs et supporters situés sur les ponts et le long de la voie.

### 1- La genèse du projet

---

Nous sommes au printemps 2005.

La Ligne à Grande Vitesse Est Européenne (LGV EE) est en cours de construction. Les travaux s'étendent de Vaires-sur-Marne en Seine et Marne jusqu'à Beaudrecourt en Moselle où la LGV se raccorde au tronçon de l'artère Nord-Est Remilly-Reding. Le chantier s'étend sur une longueur de 300 km environ. C'est la première LGV où RFF est le Maître d'Ouvrage.

La SNCF a commandé à Alstom-Transport 19 rames TGV Duplex dont les motrices bénéficient d'une nouvelle motorisation. Les rames Duplex sont particulièrement pertinentes pour le trafic national, elle le semble moins pour un trafic vers l'Allemagne. Ainsi pour une desserte vers Francfort et Munich des rames à 1 niveau paraissent suffisantes. C'est ainsi que naît l'idée du « mécano ». Les nouvelles motrices seront accouplées à des tronçons à 1 niveau empruntés à des rames TGV R. Les tronçons neufs à 2 niveaux seront encadrés par les motrices TGV R ainsi mises à disposition et donneront naissance aux TGV R Duplex (série 600). Les rames TGV POS (série 4400), motrices neuves et tronçon à 1 niveau, (POS : Paris - Ostfrankreich - Süddeutschland), disposent de motrices dont la chaîne de propulsion met en oeuvre des convertisseurs modernes et des moteurs asynchrones.

Après son passage à Vélím en Tchéquie pour réglage et mise au point, la rame TGV POS 4401 est en essais de qualification sur le réseau national.

## 2 - D'abord, il faut convaincre

---

Une première idée de record est proposée par Alain CUCCARONI alors Directeur adjoint des opérations sur la LGV Est pour RFF. Il souhaite ouvrir la LGV Est Européenne (LGV EE) par un exploit qui confirmera l'excellence ferroviaire française. Les études du tracé ont réservé un « locodrome » qui se déroule à partir de Reims vers l'est, à travers la Champagne crayeuse, avec une ligne droite de 24 km accessible par des courbes de 25000 m de rayon. La rampe de lancement, pourrait se situer sur les points hauts de la LGV, quelques kilomètres avant l'arrivée en gare de Champagne-Ardenne, offrant ainsi un dénivelé de 100 m environ facilitant la prise de vitesse.

Quelques calculs préliminaires, des simulations de marche sur la LGV EE réalisés dans le plus grand secret permettent d'espérer une vitesse proche de 540 km/h avec une rame POS réduite. Un de mes amis d'Alstom-Tarbes est mis dans la confidence. Il se reconnaîtra aujourd'hui....

C'est finalement au retour des vacances d'août 2005 que les plus hautes instances de la SNCF convaincues par Alain CUCCARONI, autorisent la concrétisation cette idée de record. Ainsi le Chef des programmes TGV à la direction du Matériel, Christian CATHELIN, m'invitera dans son bureau, me dira, porte close, « Alain on le fait » .... Pas besoin de décoder, un message pareil se comprend immédiatement. Mais il faut aussi comprendre que l'objectif est d'être sûr de dépasser l'extraordinaire « 515.3 » de la rame TGV A 325 et d'atteindre au moins 540 km/h. Le challenge est ainsi posé... Une petite équipe se forme au sein de la Direction du Matériel conseillée par M Pierre DELFOSSE ancien chef de projet des programmes TGV et un des acteurs du record du 18 mai 1990. Daniel BEYLOT qui prévoyait de faire valoir son droit à la retraite sera « élu » chef de projet. Il était le chef d'essais à bord de la 325.

C'est donc une opportunité pour RFF, SNCF et Alstom-Transport d'établir un nouveau record ferroviaire en explorant le domaine des 500 km/h. Le projet, top secret, « V150 » naîtra officiellement en octobre 2005. C'est à ce moment que quelques nouvelles complicités naissent dans le plus grand secret entre les « partenaires » d'Alstom, de RFF et de la SNCF.

« V150 », comme 150 m/s... correspondant à 540 km/h, dans la filiation des projets V100 pour le TGV PSE et V117 pour le TGV A.

## 3 - Un projet « Top Secret » connu de tous...

---

Il est certain que le projet aussi confidentiel soit-il n'est pas ignoré des cheminots, ni du monde ferroviaire. En effet lorsqu'il faut ajuster le dévers de la voie 1 au voisinage des pk 191 et 196, l'information s'échappe du chantier et se traduit par : « ça va rouler vite ! ». Si discrètement il est demandé au Technicentre de Bischheim de ressortir les « grandes roues », celles de diamètre de 1050 mm, immédiatement le message « confidentiel » est vite traduit.

En fin de compte le monde ferroviaire s'est mis à espérer ce record.



### 3.1 - Une ligne et une rame TGV définies pour le 320 km/h

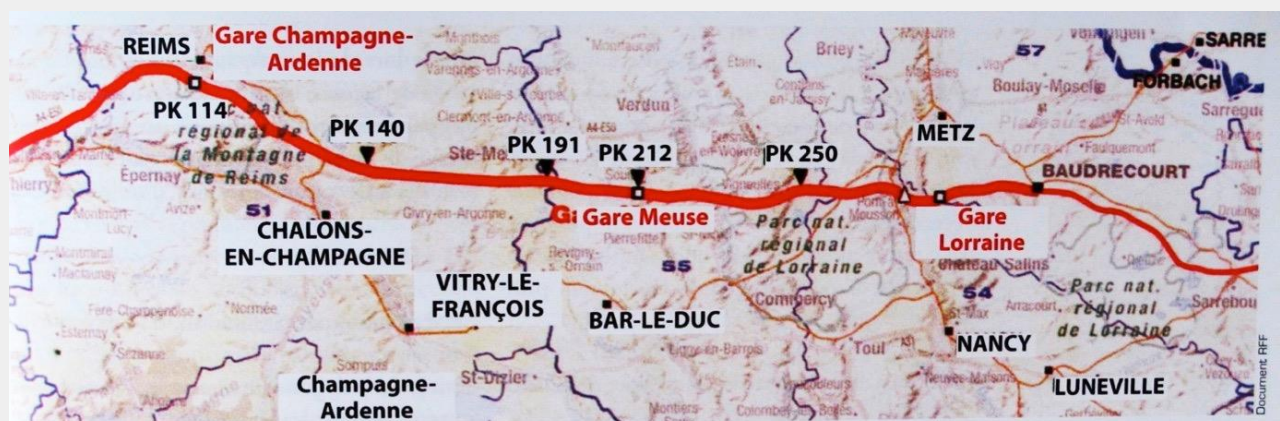
La LGV Est Européenne est la dernière ligne nouvelle en construction. Elle offre une distance suffisante pour les montées en vitesse d'une part et pour ménager une zone de ralentissement. Elle a les caractéristiques d'une ligne apte aux circulations commerciales à 320 km/h.

Les rames TGV POS sont également définies pour cette vitesse commerciale. La puissance à la jante est supérieure à celle de nos TGV classiques. Elles possèdent les dispositions pour s'attaquer au record de mai 1990.

### 3.2 - Le choix du domaine d'essais

Une première étude de la ligne nouvelle montre que le sens pair est le plus favorable en terme de dénivelé. Ainsi deux zones ayant un potentiel de vitesse optimale sont détectées :

- la zone d'Ocquerre au PK 38 ;
- et la zone proche de Passavant-en-Argonne du PK 194 au PK 191 (figure 1).



**Figure 1** : tracé en long de la zone d'essais à très grande vitesse.

Pour chacune des zones présélectionnées l'alimentation électrique peut être réalisée par une seule sous station. Celle de « Penchard » située PK 22+269, connectée au réseau de transport RTE à 440 kV. Et la sous-station de « Trois Domaines » au PK 212+172 alimentée par le réseau 240 kV.

#### La zone d'Ocquerre :

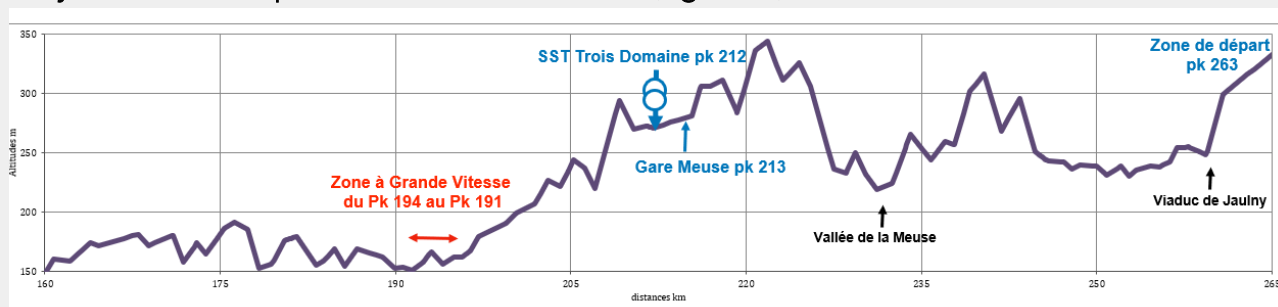
- **Avantages** : le profil de ligne avec une pente de 35 ‰ permet de gagner de la vitesse du PK 41 jusqu'au PK 38. Le profil est favorable depuis le PK 48.
- **Inconvénients** : cette zone comporte une courbe de 8333 m et une tranchée couverte de courte longueur. Il faut également prendre en considération les appareils de dilatation situés sur les ouvrages d'art voisins.

Ce site est abandonné très rapidement au profit de la zone du PK 191 qui montre de nombreux avantages.

## La zone de Passavant-en-Argonne :

### • **Avantages :**

\* Le profil de ligne : l'analyse du profil de ligne montre que le PK 221+800 situé à 350 m d'altitude est le point culminant de la ligne nouvelle. Les PK 194 et 191 sont eux situés à environ 170 m d'altitude. Cette situation toute particulière offre sur 30 km un profil en long moyennement en pente : de l'ordre de 6 ‰, (figure 2).



**Figure 2 :** V150- LGV EE. Profil en long du domaine d'essais. Altitude en fonction du point kilométrique.  
*Etude Alain JEUNESSE - CIM*

\* Les courbes : au fur et à mesure de la progression vers les points à vitesse maximale les courbes offrent un rayon de courbure de plus en plus grand. Seule la courbe de rayon 10 000 m située entre le PK 227 et le PK 223+600 imposera un palier dans la montée en vitesse. La zone à vitesse maximale est située en courbe de rayon 16 667 m.

\* L'alimentation électrique : la sous-station de Trois Domaines est située au centre de la zone à très grande vitesse. Les sections de séparation du PK 245 et du PK 211 seront effacées.

• **Inconvénients :** le point de départ envisagé au PK 263, PCV de Prény, est lui situé à une altitude de 320 m. La phase de montée en vitesse est cependant assujettie à deux rampes importantes : l'une pour monter la bosse de Chaillon pk 240, la deuxième permettant à partir de la vallée de la Meuse d'atteindre le point culminant sur la commune de Thillois.

### **3.3 - La rame d'essais**

Les premières études de faisabilité s'orientent tout naturellement vers une rame POS configurée de manière similaire à la rame TGV Atlantique 325 : deux motrices encadrant trois remorques. Il apparaît rapidement que cette configuration est contraignante du point de vue de l'exploitation. En effet les tronçons TGV R sont difficilement mobilisables alors que des tronçons à 2 niveaux en cours de construction sont disponibles. Les calculs révèlent que la puissance développée par la motorisation « POS », poussée au maximum, permet de dépasser les 530 km/h avec un tronçon à 2 niveaux, mais atteindre l'objectif minimal de 540 km/h est très incertain... En effet, il faudra disposer de suffisamment de puissance à la jante pour tracter le tronçon Duplex. Il faudra également travailler à l'optimisation des termes aérodynamiques. La difficulté reste aussi la sollicitation d'adhérence : il faut « passer » l'effort moteur sans risque de patinage. Comme chacun sait l'adhérence roue-rail diminue avec la vitesse. L'expérience des montées en vitesse de 1989 - 1990 a montré que le sablage était indispensable pour régénérer l'adhérence. Une motorisation d'appoint serait la bienvenue pour garantir avec aisance les 150 m/s.



Pourquoi ne pas s'aider de la motorisation AGV en cours de développement ? Ainsi Alstom propose de compléter la motorisation POS par un bogie AGV équipé des nouveaux moteurs synchrones à aimants permanents (MSAP). Cette opportunité offre à l'industriel un banc d'essais grandeur nature. Par contre si Alstom est capable de réaliser 1 bogie AGV, il doit être possible de disposer de 2 bogies ! Les 4 moteurs pourraient développer une puissance additionnelle de 2800 kW.

Le tronçon Duplex devient alors incontournable. C'est ainsi que naît la rame « V150 » composée de deux motrices POS, d'un tronçon de trois remorques à deux niveaux. Les convertisseurs statiques nécessaires à la fourniture des tensions domestiques 400 V 50Hz triphasé et 72 V continu pour le tronçon logés dans le compartiment technique de la R4, sous le bar, seront remplacés par une chaîne de traction AGV. La R4 devient alors, une automotrice AGV équipée de deux bogies moteurs entraînés chacun par deux moteurs synchrones à aimants permanents. Cette structure à 2 niveaux est alors un véritable « concentré de puissance » offrant un potentiel voisin de 17 à 18 MW au niveau du contact roue-rail. L'objectif de 150 m/s peut être atteint !

## **4 - La construction d'un record**

---

### **4.1 - « Des hommes, un défi ! »**

Pour gagner ce défi plusieurs équipes d'experts se mettent en place aussi bien à RFF que dans les usines Alstom qu'à la SNCF et plus particulièrement au Matériel et à l'Infra. M Jacques COUVERT, Directeur Général Adjoint à la SNCF, prend la direction du projet V150. Il est assisté deux conseillers techniques d'un haut niveau d'expertise : Pierre DELFOSSE pour le matériel roulant et Serge MONTAGNÉ pour la voie.

Pour compléter l'équipe dirigeante :

- Alain CUCCARONI (Directeur adjoint des opérations sur la LGV Est) représente RFF ;
- François LACÔTE (Directeur Technique chez Alstom) retrouve au sein de ce projet les émotions qu'il a déjà connues lors des essais à grande vitesse des années 1989- 1990 avec les rames TGV PSE 88, TGVA 308 et l'emblématique rame TGVA 325 ;
- La Direction du Matériel de la SNCF est représentée par Christian CATHELIN (Chef des programmes TGV) ;
- La Direction de l'Infrastructure est représentée par Jean-Claude ZABÉE (responsable des travaux sur la LGV Est Européenne).

Daniel BEYLOT et Georges PALAIS seront nommés Chef de Projet respectivement au sein de la Direction du Matériel (SNCF) et au sein d'Alstom. Ainsi Daniel, installé à la Direction du matériel, assurera la coordination des études et travaux des domaines Matériel et Infrastructure de la SNCF. Sont associés en particulier le Centre d'Ingénierie du Matériel (CIM) situé au Mans et le Technicentre de Bichsheim situé à côté de Strasbourg pour la constitution de la rame et l'adaptation des motrices. Georges lui, organisera la cohérence entre les différentes usines : Tarbes, Villeurbanne, Aytré, Le Creusot, Ornans, Reichshoffen, Belfort.

## 4.2 - Les contraintes de la mise en service commerciale de la LGV EE

Le premier challenge est de réussir la mise en service commerciale de la LGV EE prévue pour le 10 juin 2007. Le choix est alors restreint pour fixer la période de la campagne d'essais à très grande vitesse. Elle doit être calée entre :

- la fin des travaux sur la zone entre Reims et Pagny-sur-Moselle et permettre l'accès au domaine d'essais début 2007 ;
- et une phase pour terminer les travaux et les essais de réception de la ligne nouvelle.

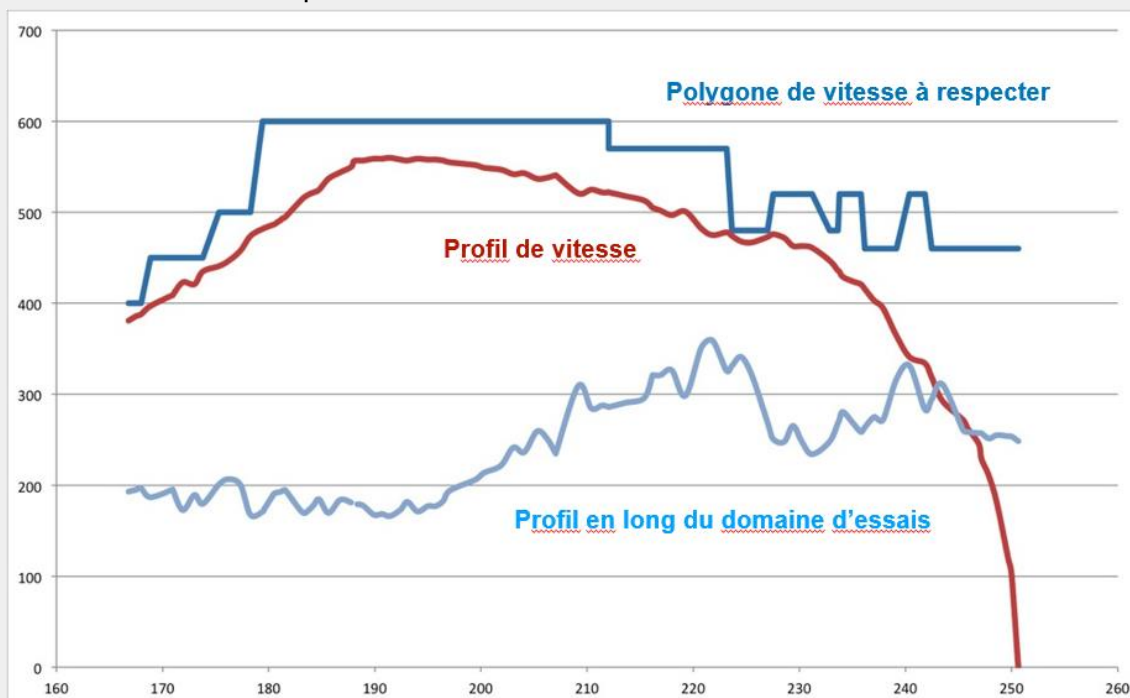
La grille commerciale nécessite 10 rames POS. L'opération V150 mobilise deux motrices et une rame dite de « servitude » pour les acheminements sur site et les balayages à grande vitesse du domaine d'essais. Ainsi le constructeur fournira deux motrices POS en avance sur le programme envisagé.

Une butée : la campagne des présidentielles de mai 2007. Pour bénéficier d'un effet médiatique total, il est évident que « la fenêtre de tir » pour établir un nouveau record ne doit pas empiéter sur la campagne électorale de la présidentielle.

En conclusion, au regard de toutes ces contraintes, les montées en vitesse se dérouleront de janvier à avril 2007.

## 4.3 - Les simulations de marche pour la définition des caractéristiques du domaine d'essais

Une première étude de performance, tenant compte des limitations de vitesse pour passer les courbes de moindre rayon, permet de définir l'allure théorique de la montée en vitesse et de montrer que les 150 m/s sont accessibles.



**Figure 3** : étude préliminaire : simulation de marche calculée en supposant une puissance aux jantes de 17,6 MW et un terme C déduit de la marche record de la rame TGV A 325 le 18 mai 1990.

*Document d'étude Alain JEUNESSE - Patrick HENRY (CIM)*

La *figure 3* présente l'allure de la montée en vitesse de la rame V150 calculée dans les conditions de simulation suivantes :

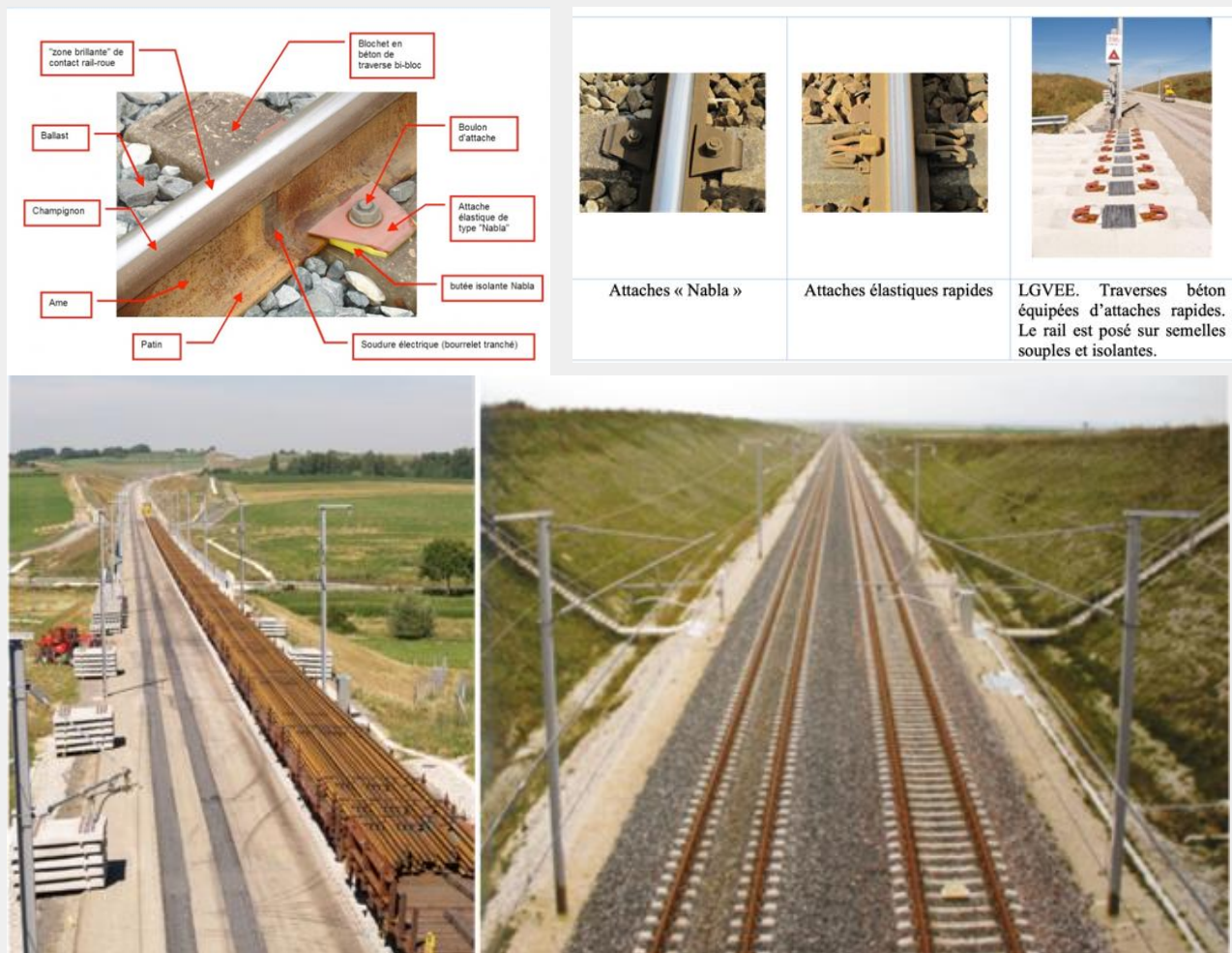
- Départ au PK 250 ;
- Puissance disponible à la jante : 17,6 MW ;
- avec un terme C correspondant au terme en  $V^2$  de la résistance à l'avancement, estimé à partir des performances de la rame TGVA 325 lors de sa marche « record ».

Ce type de calcul, par simulation numérique, a permis de « préparer » le domaine d'essais en définissant plus finement les zones à traiter aussi bien pour la voie que pour la caténaire.

## 5 - L'infrastructure pour un record

### 5.1 - La voie

En ce qui concerne les constituants, la voie n'a pas été modifiée sur la zone du record par rapport aux autres sections de la LGV Est Européenne (*figure 4*).



LGV EE :

Train de Long Rails Soudés - LRS

LGV EE : A gauche la voie est constituée de traverses béton « bi-blocs » et à droite les rails sont posés sur des traverses « monobloc »

**Figure 4** : La voie de la LGV Est Européenne  
Photos Alain JEUNESSE



La voie est constituée des composants suivants :

- Rail de type 60E1 (60 kg/m) ;
- Attache de rail "Fastclip" et semelle sous rail 180 x 148 x 9 mm ;
- Traverse bi-bloc de type B450 pour la voie courante et traverse monobloc du type M453 ;
- Ballast provenant des carrières de Thouars (roche grise), de Quenast (roche porphyrique) et enfin de Raon l'Etape (grès).

A cela, une modification sensible a été apportée à la voie : le réglage du dévers à 130 mm au lieu de 51 mm normalement dans les deux grandes courbes parcourues à très haute vitesse, avec une limite maximale de 100 mm d'insuffisance de dévers sur la zone du record. Il s'agit de la courbe du PK 202,309 au PK 197,626 et de la courbe du PK 196,866 au PK 190,283. Pour les vitesses inférieures à 500 Km/h, les insuffisances de dévers étaient de 150 mm environ.

En dehors de la voie courante, le domaine d'essai comporte :

- 8 appareils de voie dont, 2 situés au PCV de Lamorville (PK 234 - 235), 4 à la gare Meuse (PK 212 - 215) et 2 au PCV de Villiers en Argonne (PK 188 - 189) ;
- 3 appareils de dilatation d'ouvrage d'art, situés en alignement, au niveau des franchissements du canal de l'Est et de la Meuse (PK 230 à 231).

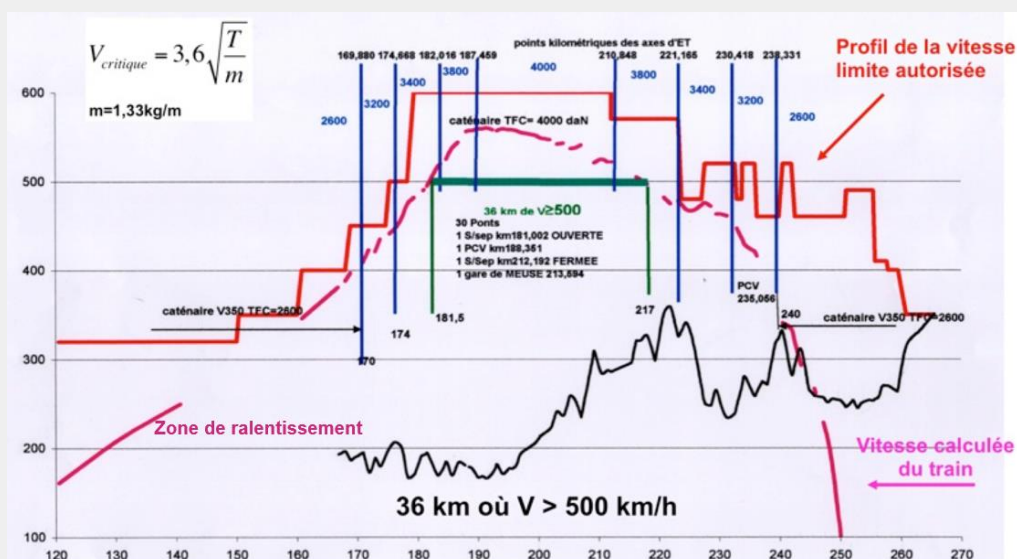
Il est à remarquer que, dans la zone où la vitesse est supérieure à 500 km/h, du km181.5 au km 217 environ, se succèdent de nombreux ouvrages : 30 ponts-route et ouvrages destinés aux passages d'animaux appelés « Passages Grande Faune » (PGF).

Une autre singularité est liée aux rampes de 35 ‰ et de 25 ‰ de courte distance rencontrées notamment sur les secteurs de Woinbey et Bouquemeont vers le PK 227 jusqu'au PK 222 offrant en même temps deux courbes successives l'une d'un rayon 10 000 m et la suivante d'un rayon de 12 500 m.

## 5.2 - La caténaire

La caténaire de la LGV EE est du type SNCF V350 STI « cuivre allié à l'étain ». Elle offre une meilleure résistance à la traction mécanique et à l'échauffement que le cuivre classique. La tension mécanique du porteur est de 2000 daN, celle du fil de contact est de 2600 daN.

Pour les marches à très grandes vitesses, la caténaire sera tendue à 4000 daN du PK 210 au PK 187 offrant une vitesse critique de l'ordre de 615 km/h. De part et d'autre le fil de contact sera tendu de manière progressive comme l'indique la *figure 5*.



**Figure 5** : Les calculs préliminaires permettent d'identifier les sections où la caténaire doit être sur-tendue.  
*Document d'étude Patrick HENRY, Alain JEUNESSE (SNCF-CIM)*

Compte tenu de l'effort de traction exceptionnel exercé sur le fil de contact, il était nécessaire de vérifier par avance la tenue mécanique de la caténaire pendant toute la durée de la campagne d'essais à très grande vitesse, des essais de fatigue ont été réalisés sur le site INFRA de Vaires.

Au total, 68,451 km de caténaire sont traités.

### 5.3 - Alimentation électrique de la zone d'accélération

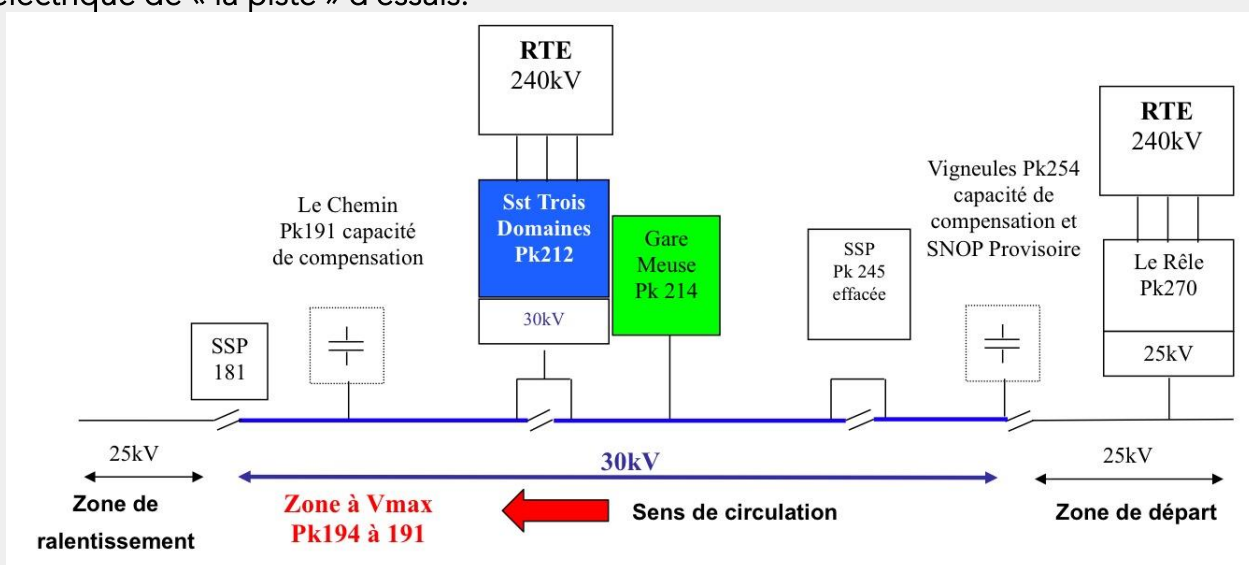
Par chance le domaine est alimenté que par une seule sous-station : « Trois Domaines » située au PK 212, près de la gare Meuse (*figure 6*).



**Figure 6** : Sous-station Trois Domaines vue d'ensemble. Au premier plan le bâtiment contrôle commande, à l'arrière l'arrivée HT et les trois transformateurs de 60 MVA.  
*Photo : Alain JEUNESSE*

Ainsi le secteur d'accélération peut être alimenté sous 31kV, alors que les secteurs adjacents peuvent rester sous 27,5 kV. Côté point de départ cela permet de disposer d'une zone de « repos » ou d'attente sans que les appareillages HT de la rame soient sous contrainte. Côté zone de ralentissement, la tension nominale autorise le freinage dynamique par récupération d'énergie.

En plus des dispositions prises par la SNCF, et afin d'assurer au moins 31 kV à la caténaire, lors des marches à très grande vitesse, il est demandé à RTE de configurer spécialement l'alimentation de la sous-station de Trois Domaines de façon à délivrer 244 à 245 kV au lieu de 240 kV en situation normale. C'est Christian Courtois, alors adjoint au chef de département des installations fixes de traction électrique, qui est en interface entre RTE et la rame V150. La *figure 7* présente de manière schématique le principe de l'alimentation électrique de « la piste » d'essais.



**Figure 7** : Schéma de principe de l'alimentation électrique de la « piste » d'essais.  
 Document d'étude : Christian COURTOIS et Alain JEUNESSE

## 6 - Construction de la rame d'essais

Les études de réalisation de la rame V150 sont partagées entre Alstom et la SNCF. Mais avant tout elles sont menées en étroite collaboration. Tout naturellement les experts en aérodynamique, en structure de caisse, en dynamique ferroviaire, en motorisation se retrouvent pour établir ensemble les principales modifications à apporter aux motrices et aux remorques extraites de la chaîne de production de Belfort et d'Aytré.

L'adaptation des motrices est principalement réalisée par la SNCF. Les études étant menées par le Centre d'Ingénierie du Matériel situé au Mans (le CIM) et la réalisation est confiée au Technicentre de Bischheim.

La remorque R4 qui accueille habituellement le bar, est spécialement transformée pour intégrer les équipements de traction AGV et recevoir les deux bogies moteurs AGV. Le tronçon est constitué des R1 et R8 d'une rame Duplex. La mise en rame, ainsi que les premiers essais fonctionnels seront réalisés à l'usine d'Alstom de la Rochelle.



## 6.1 - Aérodynamique de la rame

Les lois fondamentales de la dynamique ferroviaire<sup>1</sup> définissent la puissance P(kW) de l'engin moteur en fonction de la vitesse V(km/h) et de l'effort F(kN) à exercer pour lutter contre la résistance à l'avancement. Les deux équations dimensionnantes sont les suivantes :

La puissance P exprimée en kW est donnée par la relation :

$$P = F.V/3,6$$

L'effort F(kN) développé au niveau du contact roue-rail est donné par :

$$F = kM\gamma + R + Mgi$$

avec M la masse du convoi exprimée en tonne (t) et  $\gamma$  son accélération ( $m/s^2$ ) ;

g l'accélération de la gravité de l'ordre de  $9,81 m/s^2$  ;

i le profil de la ligne en  $i^\circ/00$  ;

k est le coefficient d'inertie des masses tournantes : kM est donc une masse fictive intégrant essentiellement les masses des roues et des rotors des moteurs de traction ;

R est la résistance à l'avancement (kN).

A grande vitesse l'essentiel de la résistance à l'avancement vient du frottement de l'air sur toute la surface du train, avec une part importante venant des bogies et des césures entre voitures. Cette résistance est caractérisée par le terme C de l'équation suivante :

$$R = A + BV + CV^2$$

A très grande vitesse le terme  $CV^2$  est le plus intense, les autres deviennent quasiment négligeables.

Finalement en palier à vitesse stabilisée l'effort à vaincre est de l'ordre de  $CV^2$ , ainsi la puissance P est directement liée au cube de la vitesse V avec :  $P = CV^2.V/3,6$ .

La physique nous impose de réduire le plus possible la masse M du convoi permettant ainsi de réduire les efforts dynamiques sur la voie, le temps des montées en vitesse, l'effort à développer pour gravir les rampes. La réduction de la masse du train diminue également l'énergie à dissiper lors des freinages (en plus de la résistance aérodynamique...). Elle nous oblige également à étudier tous les artifices de réduction du terme C en vue d'une application à cette rame composée de motrices et de remorques de série. Les premiers travaux d'investigation consistent bien évidemment à faire la liste des améliorations qui avaient été apportées sur la rame TGV A 325.

L'étude « aéro » s'intéresse aussi aux informations météorologiques relatives au domaine d'essais. En effet il est important de tenir compte de l'effet du vent pendant les marches à très grande vitesse. Ainsi un vent de face de 10km/h entraîne une augmentation du terme C d'environ 3 à 4 % pour une vitesse de circulation de 540 km/h et un vent de 20 km/h une augmentation d'environ 7 à 8 %. Comme pour un cycliste un vent de face pénalise la performance attendue...

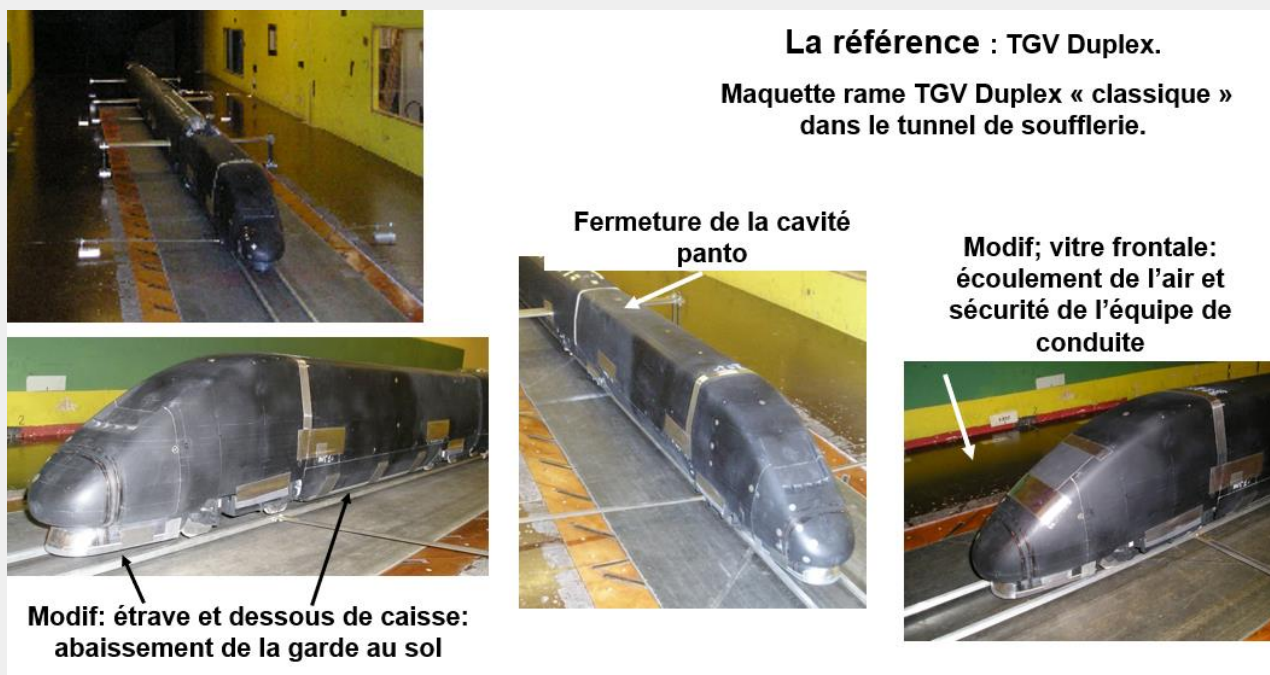
<sup>1</sup> CF : collection du Club. Fondamentaux ferroviaires 5 - Dynamique du train en mouvement.

Mais les vents traversiers produisent un effort important sur la face latérale du train déchargeant ainsi les essieux de la file de rail située du côté où souffle le vent. C'est une question sécuritaire liée au risque de renversement de la motrice, qui est le véhicule critique, malgré son poids important. Vis-à-vis de ce phénomène ; il faut souligner que les jauges de contrainte sur roues permettent de connaître en temps réel les efforts verticaux et transversaux sur chaque roue, et donc d'évaluer en temps réel le risque et ainsi d'y parer.

Il est prévu d'installer sur la LGV EST les stations mobiles de la LGV Méditerranée qui ne sont pas utilisées.

### Les études en soufflerie :

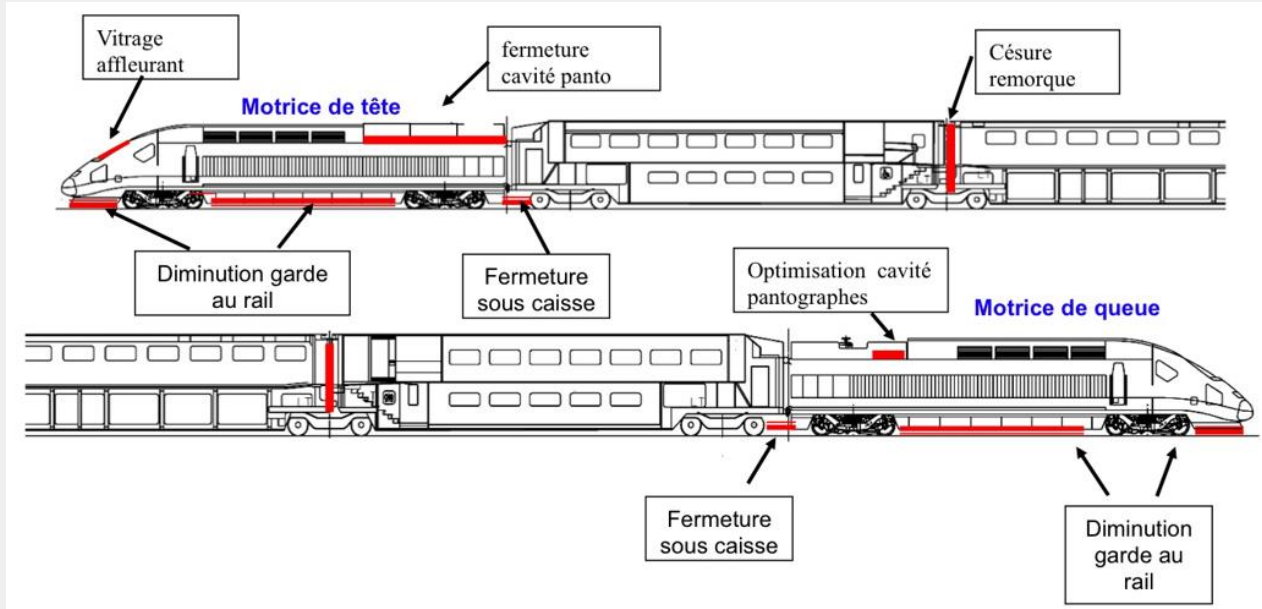
Des tests à la soufflerie de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr-l'Ecole sont organisés pour valider les choix. Ils cherchent à estimer le terme C et l'influence de la « mise sur grandes roues » de la rame : 1092 mm au lieu de 920 mm sur les rames de série. Ces essais contribuent également par comparaison à évaluer les coefficients qui permettent d'estimer le delta entre la rame à 1 niveau et la rame Duplex à 2 niveaux : *figure 8*.



**Figure 8 :** Etudes Aérodynamiques : essais en soufflerie  
 Documents : Eliane ALLAIN (SNCF-CIM) et Rémy GREGOIRE (Alstom)

## Les choix « aéros » et les réalisations :

Le diagramme ci-dessous, *figure 9*, rappelle l'ensemble des aménagements proposés par les études aérodynamiques ainsi que leur réalisation.



**Figure 9** : Diagramme de la rame V150. Modifications aérodynamiques.

Document d'étude : Etienne FEGER et Bernard ROURE (SNCF-CIM)

### • Vitrage affleurant

La modification consiste à remplacer la semelle sur laquelle vient se fixer la vitre par un cadre adapté taillé dans un bloc d'aluminium. La face supérieure de ce bloc est identique à la semelle d'origine et peut ainsi recevoir le vitrage non modifié et l'interface avec l'ossature de cabine est conservé permettant une remise au type facile. Ce dispositif permet d'obtenir une baie frontale affleurante et d'augmenter la résistance de l'ensemble. (*figure 10*).



**Figure 10** : Pose du vitrage affleurant. A comparer avec le vitrage et le revers d'eau des motrices duplex

Photos : Patrick MARCHAIS et Jean-Jacques D'ANGELO

L'emplacement du moteur d'essuie-vitre fut bouché par une tôle raccord assurant la continuité des surfaces. Les bras et balaies d'essuie-vitre, inutiles à vitesse élevée, furent déposés sur les deux motrices.



### • Garde au sol

Pour réduire la garde au sol, compte tenu de la mise sur « grandes roues », une étrave de dimensions supérieures à celle des autres rames, et un caisson ont été installés sous chacune des motrices. Les images illustrent la différence entre l'étrave de « série » de la rame 4404 et de la V150. Le caisson a été monté uniquement sur les motrices, le gain n'étant pas jugé suffisant au niveau du tronçon (figure 11).



**Figure 11** : Réduction de la garde au sol : installation d'un caisson sous les motrices M1 et M2

Dossier d'étude : Eliane ALLAIN et Bernard ROURE - CIM

### • Continuité sous caisse motrices/tronçon.



L'image ci-contre (figure 12) illustre la mise en place d'un déflecteur sur la motrice et sur la remorque d'extrémité du tronçon. Ils assurent une continuité du flux d'air sous la rame et évitent des turbulences au niveau de la césure. Ainsi ils limitent le risque d'envol de ballast.

Ce risque avait été pris en compte par l'approvisionnement de colle pour fixer le ballast si cela avait été nécessaire. L'expérience de la campagne V150 a montré que cela n'a pas été utile, peut être grâce à ces déflecteurs, mais peut-être aussi grâce aux précautions prises au niveau de la voie en éliminant les cailloux isolés sur les traverses.

**Figure 12** : déflecteur entre la remorque d'extrémité et la motrice.

Photo : Alain JEUNESSE

Ce dispositif est également utilisé sur certains trains à grande vitesse au Japon.

### • Césures du tronçon



Pour améliorer l'écoulement de l'air le long de la rame des soufflets ont été disposés entre les caisses. Ils assurent la continuité des faces du tronçon.

Les premières marches à grande vitesse ont permis de constater, grâce aux témoignages des photographes judicieusement placés sur les ouvrages d'art, que ces soufflets, trop souples, furent aspirés de plusieurs centimètres vers l'extérieur pénalisant les montées en vitesse.

Il a été nécessaire de les « raidir » au cours de la campagne par un élingage bas et haut adapté (*figure 13 ci-contre*).

**Figure 13** : Soufflet assurant la continuité des faces du tronçon

Photo : Alain JEUNESSE

### • Fermeture de la cavité pantographe de la M2

La dépose des pantographes et des appareillages 1500 V de toiture permet la mise en place de capot en matériaux composites recouvrant ainsi la totalité de la cavité pantographe de la motrice (*figure 14*).



La zone HT des pantographes déposés a été recouverte de trois carénages assurant la continuité de la toiture. Ces carénages étaient en polyester sur une âme en balsa. Une tôle transversale entre chaque capot assurait la rigidité. La photographie de la motrice de tête montre le carénage qui donne un aspect presque lisse de la toiture.

**Figure 14** : Vue du carénage en place sur la motrice de tête M2

Photo Jean-Jacques D'ANGELO

## • Adaptation de la cavité pantographe de la M1



**Figure 15** : Vue de la toiture de motrice arrière (M1) illustrant la mise en place de capots à la place du pantographe 1500 V

Photo : Jacques BELLANGER

Un soin particulier a dû être mis en œuvre lors de l'étude et de la réalisation pour respecter les distances d'isolement entre les capots, les parties métalliques et les équipements électriques sous tension.

L'ensemble des choix apporte un gain d'environ 15 % sur le terme C.

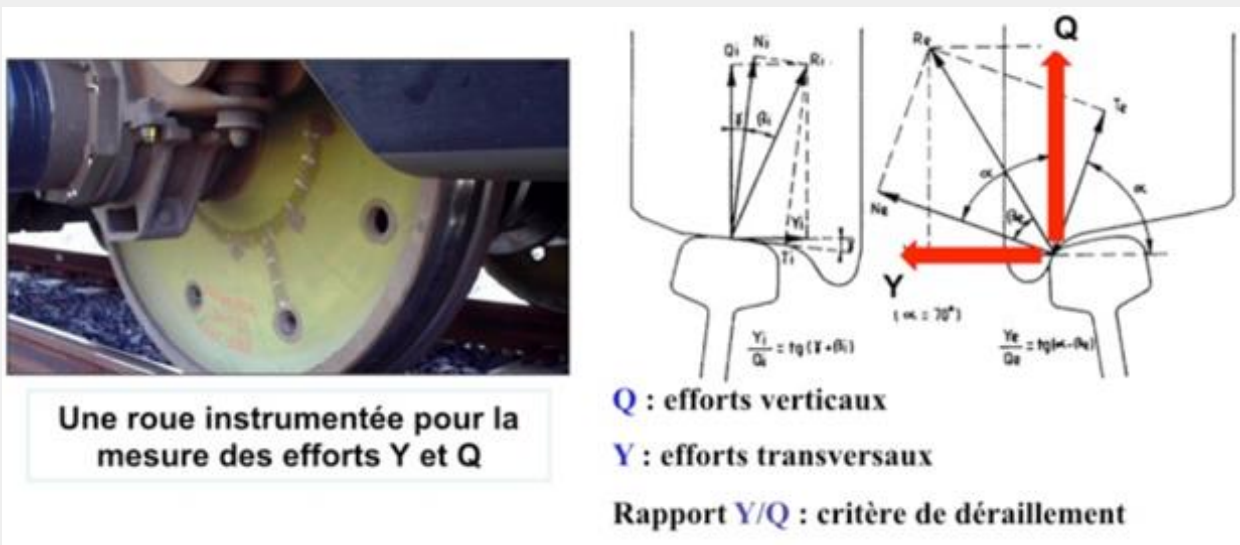
## 6.2 - Comportement dynamique, stabilité

À partir de l'expérience acquise durant les vingt-cinq années de service commercial ainsi qu'au cours des nombreuses campagnes d'essais dont l'Opération TGV 117, il est apparu que la stabilité des bogies ne devait pas poser de problème et leur vitesse critique pouvait être repoussée au-delà de 600 km/h moyennant quelques dispositions assez simples à mettre en œuvre, à savoir :

- tables de roulement des roues au profil GV 1/40 neuf (rappelons que le GV 1/40 est le profil habituel des TGV) ;
- équipement de tous les bogies de 4 amortisseurs antilacet chacun : 2 amortisseurs à front raide et 2 amortisseurs à front adouci alors que l'équipement de série est constitué de 2 amortisseurs à front raide pour les bogies moteurs et 2 amortisseurs à front adouci pour les bogies porteurs (figure 16).

Pour la stabilité des caisses, il a été procédé au doublage de la valeur de tarage des amortisseurs transversaux des quatre bogies moteurs TGV et des deux bogies porteurs.





**Figure 16** : mesure des efforts Y et Q. Roue instrumentée.  
 Photo et dessin : Alain JEUNESSE

Il faut remarquer que sur les bogies AGV, qui n'avaient encore jamais roulé, les mêmes dispositions que sur les autres bogies ont été prises en ce qui concerne le profil des tables de roulement et l'équipement en amortisseurs antilacet.

En effet, en termes d'empattement, de masse, de rayon de giration, de raideur des liaisons essieux- châssis de bogie et châssis de bogie - caisse, le bogie AGV est très proche du bogie TGV. Aussi, on pouvait s'attendre à un excellent comportement dynamique, ce qui n'a pas empêché d'être particulièrement vigilant à cet égard lors des montées en vitesse (*figure 17*).



Amortisseurs anti-lacet du bogie moteur et du premier bogie porteur

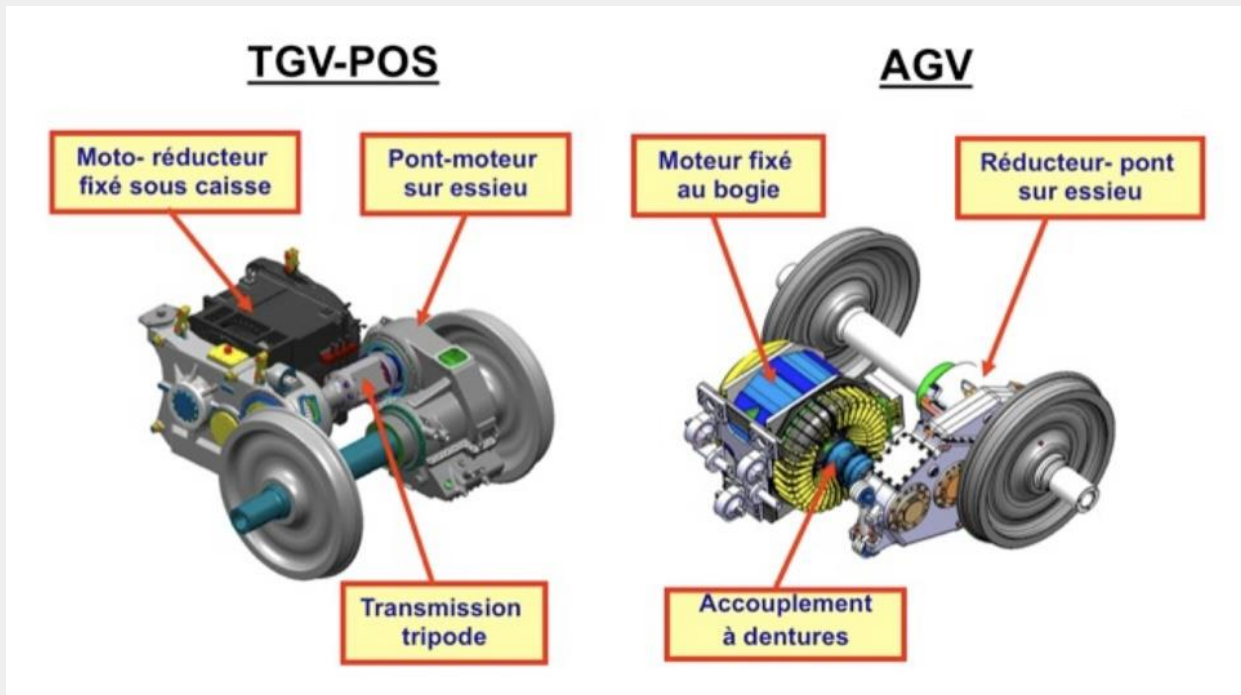
Bogie intermédiaire

**Figure 17** : Les bogies : équipement d'amortisseur anti-lacet complémentaire  
 Photos : Alain JEUNESSE

## 6.3 - Les chaînes cinématiques

### Transmission de l'effort de traction

Pour un TGV « classique » le moteur de traction est fixé à la caisse. L'effort est transmis à l'essieu par un premier réducteur solidaire du moteur de traction, puis par un cardan couissant appelé : « tripode », enfin par un deuxième réducteur appelé « pont moteur » lié à l'essieu. Cette disposition permet de réduire les masses non suspendues et d'améliorer ainsi la stabilité du bogie. Pour mémoire la masse du moteur POS est de 1350 kg (figure 18).



**Figure 18** : Chaînes cinématiques. A gauche TGV POS, à droite AGV.

Document : Frédéric DESGACHES et Sylvain LEBOURVELEC- SNCF - CIM

Dans le cas de l'AGV le moteur est solidaire du châssis de bogie. Sa masse n'est que de 800 kg. La transmission de l'effort est réalisée par un accouplement à dentures et un pont lié à l'essieu. Cette architecture est plus simple que celle du TGV et si elle augmente la masse du bogie d'autant, elle permet de supprimer les transmissions tripodes et de gagner ainsi une masse à peu près équivalente ce qui conduit à un bilan des masses d'un bogie AGV très proche de celui d'un bogie TGV.

### Rapports de réduction

De façon à limiter la vitesse de rotation des moteurs de traction, il a été décidé d'emprunter les roues motrices du précédent record : roues de diamètre 1092mm. Ainsi le bilan des vitesses de rotation des organes de transmission de l'effort de traction est présenté par la figure 19.



**Figure 19** : Bilan comparé des vitesses de rotation des essieux et des moteurs pour un diamètre de roue de 1092 mm à différentes vitesses de circulation.

Document : Frédéric DESGACHES et Sylvain LEBOURVELEC- SNCF - CIM

## 6.4 - Structures de caisse

### Influence des « grandes roues » sur la caisse

- Les débattements des roues

Si transversalement les jeux bogies/caisses sont compatibles avec les grandes roues, il n'en est pas de même verticalement. Lors du précédent record, l'insuffisance de calage avait à un moment donné provoqué une interférence roues/longerons motrices. Un calage entre bogies et caisses est indispensable. L'estimation du dynamique et le Retour d'Expérience de 1990 ont permis de décider d'un calage de 60 mm sous caisses motrices et de 50 mm sous caisses tronçon.

- Le gabarit

La mise sur roues de 1092 mm pose un problème de gabarit pour les acheminements sur les lignes classiques. Le gabarit de construction d'un tronçon TGV Duplex est optimisé pour le « gabarit 3.3 » : la hauteur théorique totale d'une rame Duplex est de 4320 mm. Il l'engage même au niveau des lignes de toitures 1.5 et 25 kV, l'écart est couvert par une dérogation des services de l'Infrastructure. Pour les deux systèmes d'alimentation électrique, la hauteur normale de la caténaire en pleine voie est de 5,75 m, elle varie de 4,60 m au droit des passages supérieurs jusqu'à 6,50 m au franchissement des passages à niveau.

Mais avec l'adoption des « grandes roues », associé au calage correspondant, la hauteur théorique de la rame V150 est de 4527 mm. La surélévation est de :

- 146 mm les motrices (86+60) (roues de 920 mm remplacées par roues de 1092) ;
- 141 mm le tronçon (91+50) (roues de 910 mm remplacées par roues de 1092).



A cela s'ajoute l'encombrement de la ligne de toiture centrale 25 kV destinée à alimenter la chaîne de traction AGV. Cette ligne, qu'il n'a pas été possible de placer ailleurs, outre les perturbations aérodynamiques, ajoute encore une hauteur supplémentaire de 66 mm centré sur la R1 et la moitié de la R4. Pour réduire les risques d'amorçage avec la caténaire, les blochets et boulonneries fixant cette ligne de toiture sont en matériaux isolants.

Un premier contact avec le BTE (Bureau des Transports Exceptionnels), chargé d'établir le trajet de la rame entre La Rochelle et le Technicentre de Pantin, laisse présager de grosses difficultés : au-delà de 4500 mm de hauteur aucun transport n'est habituellement autorisé et à partir de 4480 mm, une bâche isolante doit impérativement recouvrir les véhicules.

Il est possible de gagner 45 mm en dégonflant la suspension secondaire, mais il y a un risque de déraillement de la R4, remorque en appui hyperstatique, clef du tronçon. Cette possibilité ne peut finalement être envisagé qu'à vitesse réduite, donc ponctuellement.



**Figure 20** : Acheminement de la rame V150 jusqu'à sa « base » : le Technicentre Est Européen - TEE

Photos : Daniel BEYLOT

L'acheminement entre Aytré (usine Alstom) et le Technicentre de Pantin (TEE) est tracé via Niort, Parthenay, Thouars, Saumur, St-Pierre-Des-Corps, LGV-A jusqu'à Dangeau puis Connerré, Le Mans, Alençon, Argentan, Mézidon (avec passage au triangle) Serquigny, Sotteville, Mantes, Sartrouville, Argenteuil GC, et Noisy. Une bâche isolante couvre la toiture (figure 20).

Les acheminements entre le TEE et le domaine d'essais ne posent a priori aucun problème. La caténaire sur la LGV est située à 5,08 m.

- La hauteur d'attelage

La hauteur d'attelage nominale d'un TGV est de 1025 mm. La hauteur d'attelage de la rame d'essai est augmentée de 146 mm. Le diagramme de couplabilité d'un TGV en alignement montre qu'il n'est pas possible d'accoupler avec une différence de hauteur de plus de 90 mm.

Pour les acheminements et le secours à engin, il fut nécessaire de garder la possibilité de s'accoupler avec dans un premier temps, les BB 67272 et 67273, qui furent remplacées par la suite par la rame POS 4404 dite « rame de servitude », lorsque l'électrification du début de la LGV fut terminée.

Des rehausses relevant les attelages type 10 des BB, de 70 mm, furent confectionnées et installées par l'EIMM de Quatre Mares. Les motrices de la rame de servitude POS 4404 furent équipées de roues de 1050 mm au lieu de 920, avec calage bogie/caisse de 25 mm. Ainsi relevée de 90 mm, la 4404 put s'accoupler avec la 4402. Pour réduire le décalage au niveau des tampons motrices/tronçons, les suspensions secondaires des bogies extrêmes du tronçon ont été sur gonflés de 10 mm, limitant le décalage à environ 80 mm.

- Les butées de caisse.

Les butées de caisse ont du être allongées à cause du calage bogie/caisse de 60 mm. Coté motrices, cet allongement à été effectué sur le bogie pour des questions de facilité de soudage.

- Les équipements de sécurité sous caisse.

Les équipements nécessaires pour l'essai étaient les antennes et radar ERTMS ainsi que la TVM. Les autres équipements furent déposés. Par la suite, l'EPSF imposant la remise en service de la brosse avant. Tous les équipements actifs ont été calés en hauteur afin de garantir le fonctionnement normal.

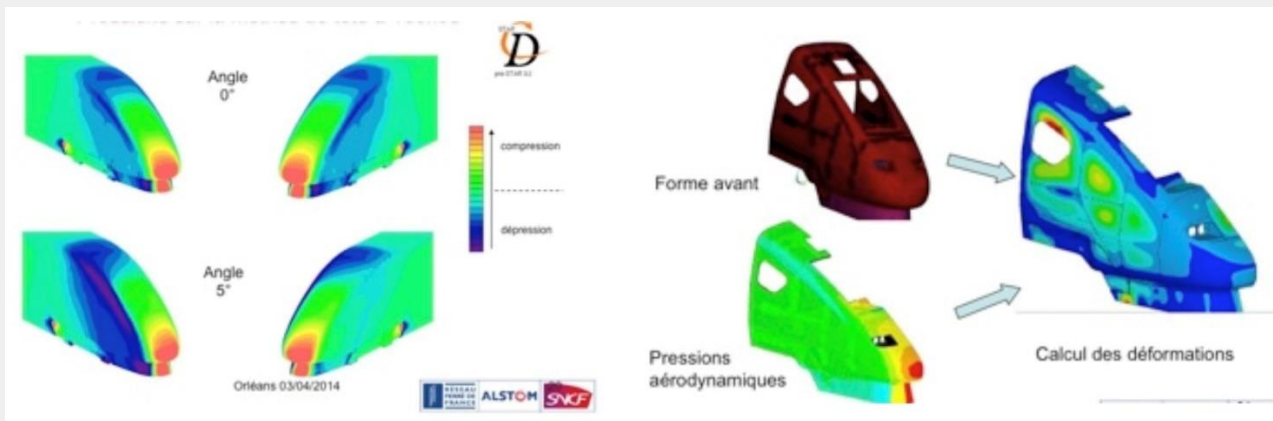
## **6.5 - Les renforcements des structures de caisse**

- Renforcement de l'étrave.

Pour réduire la garde au sol une nouvelle étrave, un peu plus haute que celle de série, a été réalisée. Cependant, pour se garantir d'un choc éventuel avec du gibier, et éviter des destructions sous caisse, cette étrave est dimensionnée pour résister à un sanglier.

- Renforcement de l'ossature du carénage.

Compte tenu des efforts sur la structure de la face avant il n'était pas envisageable de risquer la moindre fissure, ou le moindre arrachement de la « peau » qui recouvre le nez de la motrice. Des simulations numériques combinées « aérodynamique-mécanique » ont permis de définir avec précision les renforts nécessaires (*figure 21 ci-après*).



**Figure 21** : Résultats de simulation numérique montrant le gradient de la pression de l'air sur la face avant. Les données « aéros » ont permis de déterminer les contraintes mécaniques sur la structure et ainsi de déterminer la position des renforts.

Documents d'étude : Eliane ALLAIN et Bernard ROURE - SNCF-CIM

La pression sur le nez de la motrice de tête est de l'ordre de 4000 Pa à 300 km/h, elle devient 4 fois plus importante à 600 km/h.

- Utilisation du film de protection polyuréthane 3M 8663.

Filage des deux motrices avec du film 3M 8663, largeur 300, essentiellement entre les différents panneaux composites. Le film permet d'améliorer l'aérodynamique et renforce la fixation des pièces. Nous avons sans doute ainsi évité la perte d'un panneau évolutif suite à rupture des fixations basses de celui-ci.

Lors des dernières marches, la zone entre les phares et la baie frontale a été filmée, ceci afin de limiter les risques d'intrusion en cas de percussio n d'oiseau, et la surpression d'air qui en résulterait. Des découpes spécifiques ont été effectuées pour limiter les risques d'arrachement en cascade de bande de film. Tous les bords d'attaques ont été bordurés avec une colle époxy à prise rapide 3M DP 105, de manière à limiter la prise d'air de ce film relativement épais (0,46 mm).

- Sangles de maintien du capot 7 sur M1.

Le capot 7 en polyester au-dessus des disjoncteurs est supporté par 4 isolateurs. Deux sangles partant des acrotères sécurisent le maintien du capot (figure 22).



**Figure 22** : Photographies illustrant la mise en place de sangles de maintien autour du capot 7 de la motrice de queue (M1).

Documents : Alain JEUNESSE



Après les marches à très haute vitesse, on a pu constater un déplacement de celles-ci vers l'arrière, de quelques centimètres, sans doute à cause de la prise au vent des boucles de serrages.

- Berceau groupes électrogènes

Un groupe électrogène a été installé dans chaque motrice, dans la zone opposée au compresseur d'air. Ces groupes de puissance moyenne (24 kW) ont une masse de l'ordre de 500 kg. Un bâti a été nécessaire pour répartir cette masse sur le brancard et les longerons. Pour mémoire, l'évacuation des gaz se faisait par la toiture, à travers une traversée des profilés creux en aluminium. Le refroidissement se faisait directement dans la coursière, occasionnant des températures élevées lors d'arrêts prolongés. Les réservoirs de gasoil étaient disposés dans la fosse sous caisse.

- Cavité des avertisseurs sonores



Les photos prises lors des essais à très haute vitesse ont permis de déceler une déformation du carénage au droit de la grille d'avertisseur (figure 23).

**Figure 23** : A très grande vitesse le photographe a pu remarquer la déformation du carénage juste au-dessus de la grille d'avertisseur.

Photo : Jean Jacques D'ANGELO

- Trappe d'attelage monobloc

Dès le début du projet, il était constaté, en ligne, un manque de rigidité du mécanisme de fermeture des trappes d'attelage. En effet, de part la cinématique et des rapports de débattement, ce mécanisme ne paraissait pas adapté pour résister à la forte pression frontale exercée sur l'avant de la rame à très haute vitesse.

Lors de la première phase de la campagne durant laquelle la rame était remorquée jusqu'au domaine d'essai par des locomotives Diesel, il était impératif de conserver les trappes d'attelage. Il a alors été observé un début d'ouverture dès 220 km/h, augmentant linéairement jusqu'à 400 km/h. Ensuite, les deux trappes furent remplacées par une seule trappe monobloc, rendant l'accouplement impossible par l'avant. Les effets furent immédiats : meilleur équilibre des pressions de part en d'autre du carénage, baisse significative du niveau sonore en cabine (*figures 24 et 24 bis*).



**Figure 24** : Pose de la trappe monobloc sur la motrice de tête M2 par les agents de maintenance dédiés à la rame V150.

**Figure 24 bis** : Observation d'une légère ouverture des trappes d'attelage pendant les premières montées en vitesse de février 2007.

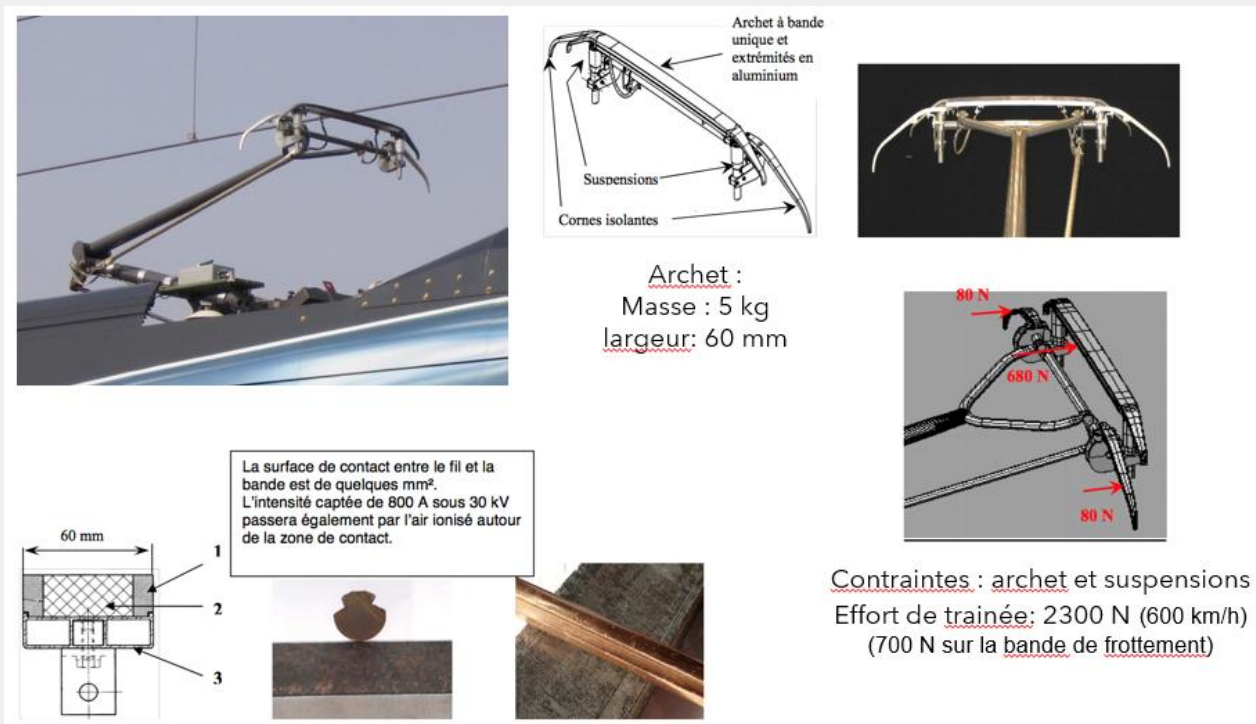
*Photos Jean-Jacques D'ANGELO*

## 6.6 - Le captage

Le choix s'est porté sur le pantographe Cx 25 kV muni d'une tête de captage mono-bande de longueur 1,600 m, conforme aux nouvelles Spécifications Techniques d'Interopérabilité (STI). L'archet mono-bande a été testé sur une rame PBKA à 300 km/h avec un meilleur comportement que l'archet standard TGV.

Il est composé d'une bande de carbone TRIPLEX de 60 mm de large : 2 lames de 10 mm en carbone composite encadrant un insert central de 40 mm en carbone métallisé à 35 %. La masse de la tête de captage est de 5 kg (*figure 25*).

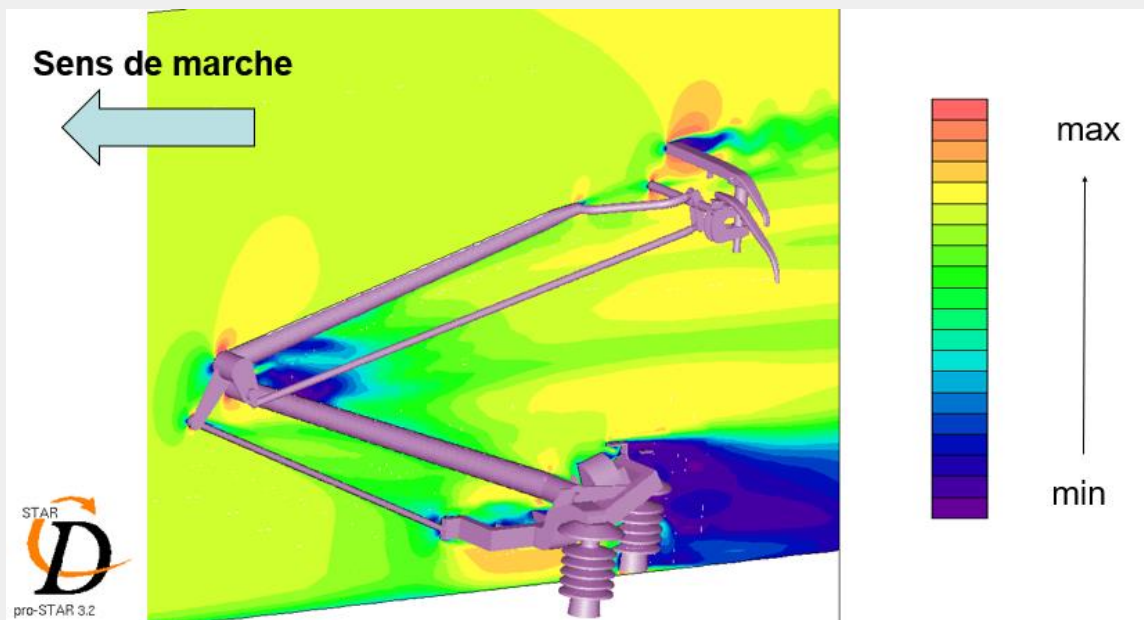




**Figure 25** : Le pantographe et la tête de captage.

Documents : Gérard AUDITEAU

La simulation numérique prenant en compte l'écoulement de l'air à très grande vitesse au voisinage du pantographe, illustrée par la *figure 26*, a permis d'identifier les efforts exercés sur les éléments essentiels comme l'archet et les cornes par exemple.



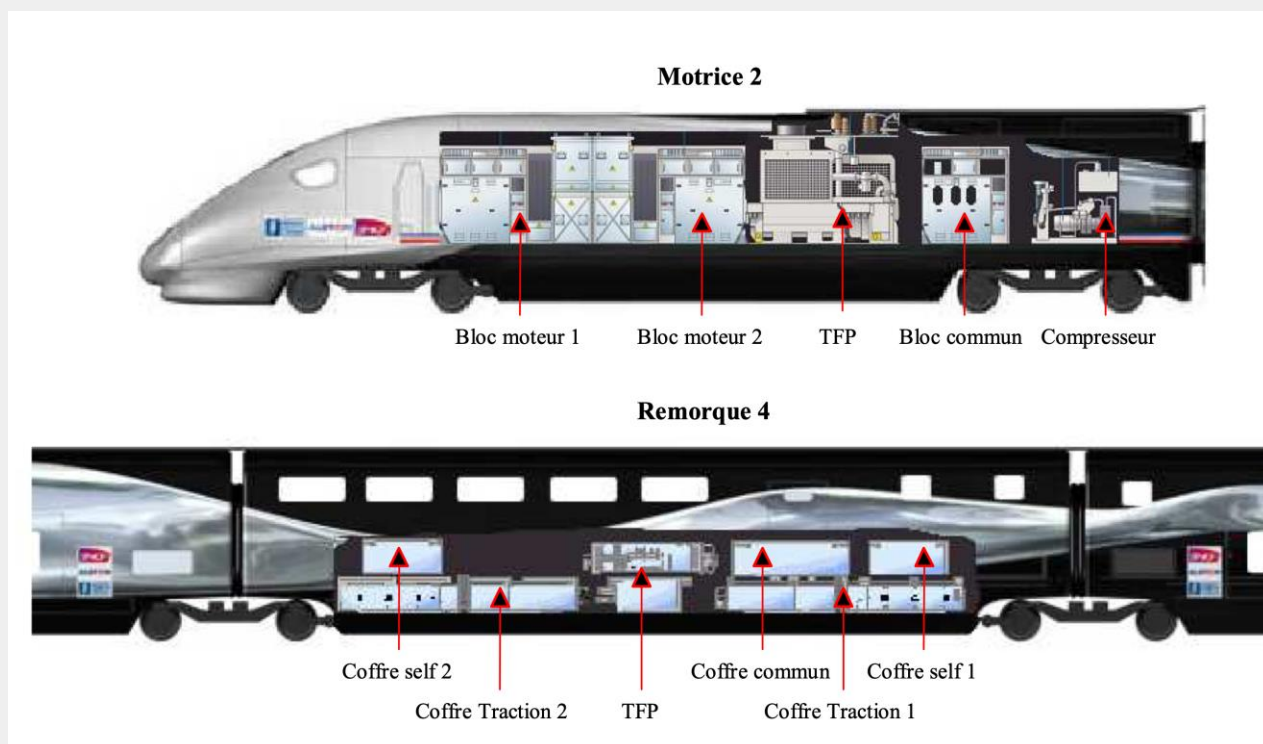
**Figure 26** : Simulation numérique relative à l'étude des contraintes appliquées au pantographe à très grande vitesse : Vitesse de l'écoulement autour du pantographe à 160 m/s : estimation des efforts, en particulier, sur l'archet et les cornes.

Document d'étude : Gérard AUDITEAU SNCF-CIM

## 6.7 - La propulsion

### Dispositions des équipements de traction

La figure 27 montre la disposition des équipements de traction « POS » dans la motrice et des équipements « AGV » dans la remorque (motorisée) R4. Dans cette remorque était également installé un convertisseur statique de 100 kW destiné à fournir le 400 V 50Hz pour alimenter les climatisations de la rame. Ce convertisseur équipe les automotrices « Z2 » modernisées.



**Figure 27** : distribution des équipements de traction à bord de la rame V150

Document : Cyril BRUGUIER (ALSTOM)

Le schéma de puissance de la motrice POS : voir l'article paru dans la RGCF de mars 2004, est essentiellement constitué d'un transformateur de puissance à 6 enroulements secondaires : 1 par essieu moteur et 2 pour les auxiliaires du tronçon. Pour chacun des essieux moteurs la conversion d'énergie est réalisée, depuis un secondaire du transformateur, par un pont monophasé à commutation forcée (PMCF) débitant sur un « bus » continu dont la tension nominale est de 1800 V. Le moteur de traction est alimenté à partir de ce bus par un onduleur de tension. Le PMCF et l'onduleur sont composés de modules IGBT 3300V 1200A.

Le schéma de puissance de la motrice AGV est similaire à celui du POS sauf que les modules IGBT sont des modules 6,5 kV 600 A.

### Motorisation POS

Les premiers calculs, puis les essais de validation au banc de Tarbes (Alstom) ont permis de définir un premier réglage à 1800 kW/jante/moteur.

### Motorisation AGV

La mise au point du bloc convertisseurs PMCF-Onduleur associé au moteur de traction à aimants permanents commence en janvier 2006.

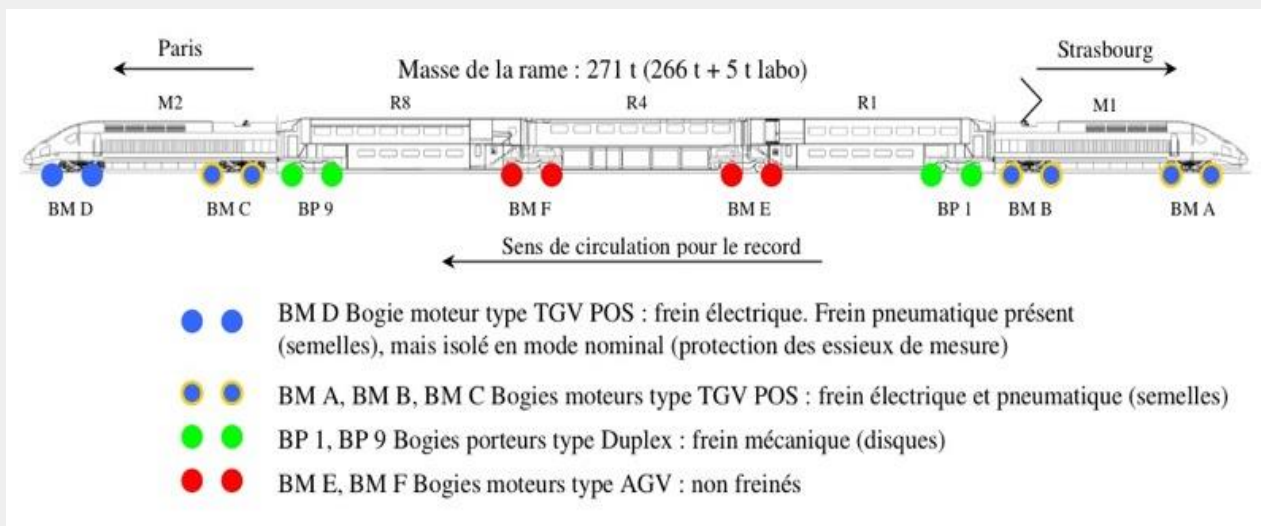
Il faut rappeler qu'en 2005, alors que le projet V150 vient d'être initialisé, l'AGV était encore « sur la planche à dessin », avec un banc d'essais pour la mise au point de la chaîne de traction. La mise en œuvre du nouveau bogie impose donc de nombreux travaux et beaucoup d'investigations, par exemple :

- Choix de la vitesse de rotation du moteur donc du diamètre de roue et du réducteur correspondant ;
- Validation dynamique du bogie sous un tronçon Duplex ;
- Faire le contrôle commande ;
- Choix et intégration des équipements de traction dans les parties basses du tronçon.
- Les éléments AGV doivent être intégrés dans le tronçon : difficultés à surmonter compte tenu de leurs dimensions et des capacités d'accueil offertes par la R4 et les remorques d'extrémité.
- Le moteur AGV ne tolère pas aujourd'hui un dépassement de la survitesse = 1,2 du nominal, soit :  $1,2 \times 4500 = 5400$  tr/mn. Il est quasi certain que le choix du  $\varnothing$  roue doit être de 1092 mm avec des conséquences importantes sur le freinage, la hauteur du tronçon (+85 mm).

## 6.8 - Le freinage

### Contraintes liées à la rame V150

La figure 28 représente l'architecture retenue pour équiper la rame V150.



**Figure 28** : Architecture de la rame V150 et disposition des équipements dédiés au freinage  
Document d'étude : SNCF-CIM

La rame d'essais est peu freinée en pneumatique. Les acheminements sur le domaine d'essais empruntent jusqu'à Vaires-sur-Marne la ligne classique. Le respect des distances d'arrêt impose un complément de freinage qui sera apporté par la rame de servitude.

Seuls les deux bogies porteurs des R1 (BP1) et R8 (BP9) disposent de freins à disques. Ils sont équipés de garniture Frentec T30S. Elles ont été choisies après des essais comparatifs, avec la Carbone Lorraine G35, menés au laboratoire de Vitry. En association avec le disque de frein elles sont capables de dissiper 44 MJ sur un freinage d'Urgence déclenché à 570 km/h.

Les roues de Ø 1092 mm des motrices nécessitent l'usinage des semelles de frein des bogies moteurs pour en adapter la courbure. Cependant le bogie moteur instrumenté pour la mesure des forces au contact roue-rail avait le frein pneumatique isolé pour éviter une perturbation de la mesure lors des freinages.

Le freinage par récupération ne sera disponible que sur les zones où la tension caténaire est inférieure à 29 kV.

### Performances calculées de la rame TGV 150

Freinage normal de service.

Ce freinage est commandé par une dépression dans la CG de 1 bar. Il met en œuvre :

- le ralentissement dû à la RAV seule sans solliciter aucun frein ;
- le freinage mécanique sur les BP 1 et BP 9 ;
- frein électrique rhéostatique sur les BM A, B, C et D ;
- freinage par semelles sur les BM A, B et C, en dessous de 237 km/h.

La distance d'arrêt est d'environ 28 km.

Freinage d'urgence en cas d'anomalie.

Ce freinage est commandé par une dépression dans la CG supérieure ou égale à 1,5 bar, déclenché par le bouton-poussoir : BP-URG, de la cabine ou celui à disposition du Responsable Opérationnel des essais. Ses performances en palier sont les suivantes :

Vitesse initiale (km/h)	Gamma (m/s <sup>2</sup> )	Distance d'arrêt (km)	Durée du freinage (s)	Energies disque (MJ)	Energies roue (MJ)
570	0,65	19,7	246	43	10
520	0,64	16,6	226	36	10
460	0,65	13,0	200	29	10

Ce freinage sollicite les mêmes types de frein que le freinage maximal de ralentissement en cas d'anomalie.

Il est tout à fait évident qu'à ce stade de l'étude le Freinage d'Urgence (FU) n'est envisagé que par simple précaution, mais pas du tout souhaité...



## 7 - Les adaptations réalisées sur la rame

### 7.1 - Adaptations réalisées par le Technicentre de Bischheim

Les adaptations des motrices POS sont réalisées par la SNCF dans l'établissement de Bischheim, à côté de Strasbourg. Les deux motrices étaient prélevées sur la rame TGV-POS n° 4402. Elles ont été modifiées par l'EIMM de BISCHHEIM entre le 3 octobre et le 16 novembre 2006.

M1 motrice arrière	M2 motrice avant
Suppression du pantographe 1500 V. Cette motrice assure le captage en 25 kV 50Hz uniquement : elle dispose du disjoncteur monophasé de la rame.	Suppression des deux pantographes (1500 V et 25 kV).
Carénage partiel de la toiture.	Carénage complet de la toiture.
Nez arrière non modifié : permet l'attelage avec la rame de servitude POS 4404.	Nez avant : coque de fermeture des trappes d'attelage : coque monobloc.
Abaissement de la poutre TVM.	Abaissement de la poutre TVM.
Caisson pour abaisser le dessous de caisse.	Caisson pour abaisser le dessous de caisse.
Calage des suspensions secondaires + 60 mm.	Calage des suspensions secondaires + 60 mm.
	Vitre frontale inclinaison et sécurité.
Tôles de césure entre motrice et remorque.	Tôles de césure entre motrice et remorque.

- Adaptation du bi standard au diamètre des roues motrices ;
- Adaptation des blocs frein aux diamètres des roues ;
- Mise en place sur les bogies équipés de roues de 1092 mm ;
- Calage moteur et réducteur ;
- Protection des carters de réducteur et pont moteur par des tôles en acier ;
- Dépose des antennes et capteurs non utilisés sur le domaine de RFF.

### 7.2 - Les réalisations et la mise en rame à Aytré

Tronçon réalisé par Alstom, et mise en rame. Les remorques extrêmes Duplex R1 et R8 ont été réalisées dans la chaîne de construction par ALSTOM à REICHSHOFFEN et appartiendront après remise au type à la rame TGV R Duplex n° 618. La remorque intermédiaire R4 a été construite par ALSTOM à AYTRE. Compte tenu des modifications relativement profondes réalisées sur le chaudron pour y installer les éléments de la chaîne de traction AGV (transformateur principal, blocs moteurs, bloc commun, CVS, ...), la R4 ne sera pas remise au type.

- Réalisation d'une remorque R4 déduite des remorques bar des TGV Duplex et adaptée à la motorisation AGV ;
- Installation des équipements de traction AGV : Transformateur de traction associé à deux blocs moteurs ;
- Bogies moteurs AGV ;
- CVS de 100 kVA pour la fourniture du 400 V 50 Hz et 72V continu ;
- Ligne de toiture 25 kV pour l'alimentation des équipements AGV ;
- Bavettes inter caisse.

### 7.3 - Le Contrôle-Commande de la rame

Il est simple de raccourcir une rame TGV, il est plus délicat de conserver et d'adapter les fonctionnalités nécessaires portées par le réseau informatique de bord. Il est encore un peu plus délicat de faire dialoguer un contrôle-commande destiné aux rames POS et un autre étudié pour les futures rames AGV. Cette imbrication des contrôles-commandes POS et AGV : émission de consigne, sens de marche, signalements et sécurités a été élaboré par l'équipe Alstom de Villeurbanne pilotée par Jacques Large

### 7.4 - La rame « V150 »

La rame complète est assemblée par ALSTOM à AYTRE entre le 21 novembre et le 18 décembre 2006. Elle y subit également les tests fonctionnels

### 7.5 - Composition de la rame « V150 »

La rame « V150 » est donc finalement une rame « hybride » composée de 2 motrices POS extraites de la rame 4402, et d'un tronçon Duplex préfigurant ainsi les futures rames DASYE et EURODUPLIX, avec cependant une R4 transformée en « automotrice AGV ». La composition de la rame V150 est présentée par le diagramme *figure 29* :

- longueur hors tout : 106,690 M ;
- hauteur maximale : 4,525 (aux blochets de la ligne de toiture 25 kV centrale de la R1) ;
- bogies : 4 bogies moteurs TGV Duplex Asynchrone type Y266 ;
- 2 bogies porteurs extrêmes TGV Duplex type Y243 B équipés de frein à disque ;
- 2 bogies moteurs prototypes AGV déposés sous la R4.



M2 TGV 384004	R8 TGVR 298618	R4 TGV P 150 R4	R1 TGVR 291618	M1 TGV 384003
------------------	-------------------	--------------------	-------------------	------------------

**Figure 29** : Diagramme de la rame V150

Document : SNCF-MDC 26/09/2007

## 7.6 - Bilan masse

Une première estimation de la masse de la rame est établie en intégrant les équipements AGV :

- Transformateur AGV : 5 200 kg ;
- Bogie AGV : 7800 kg ;
- Installation câblage : 2 000 kg ;

et la mise en œuvre des « grandes roues » : 1092 au lieu de 920 mm. Les masses tournantes sont évaluées à 13 t.

La masse de la rame à vide est estimée à 259 t.

Cependant, il faut ajouter les masses des laboratoires « haut » et « bas » installés en R8, celle des deux groupes électrogènes avec leur réservoir, pour l'alimentation électrique des instruments d'acquisition et de mesure, et des nombreux ordinateurs, le câblage. Plus tard il faudra également ajouter la masse de la régie pour la transmission des images vidéo vers Reims, soit environ 2 t. La masse totale de la rame V150 en ordre de marche est donc estimée à 262 t.

Lors des circulations, seront présents, une quarantaine de personnes, et plus 60 VIP. Cela pourrait représenter un peu plus de 7 t. Finalement la masse en charge de la rame est de l'ordre de 270 t.

Le coefficient d'inertie des masses tournantes (roues plus lourdes et plus de moteur de traction) est estimé à :  $k = (270 + 13) / 270 = 1,048$ .

## 7.7 - Caractéristiques principales comparées de la rame V150

	Rame V150	TGV Duplex (DASYE)
Composition	M+R+M+R+M	M+8R+M
Longueur (m)	106	200
Bogies moteurs	6	4
Bogies porteurs	2	9
Masse VOM (t)	262	384
Masse en charge (t)	270	426
Masse des motrices POS (t)	M1 : 69,2 M2 : 68,5	68
Puissance motrice installée par moteur (kW)	POS : 1800 AGV : 800	1200
Puissance aux jantes de la rame (kW)	Envisagée avant essais : 17600	9280
Effort au démarrage (kN)	205	220

## 8 - Les montées en vitesse

### 8.1 - La sécurité des circulations sur le domaine d'essais

Les travaux de la ligne à grande vitesse ne sont pas terminés. Le contrôle des circulations des trains de travaux, de la rame assurant les montées en vitesse pour la réception des tronçons de LGV, ainsi que les mouvements de la rame balai et de la rame V150, est assuré par Alain Mally l'Opérateur Essais situé au poste de régulation de Pagny-sur-Moselle. Il est en liaison radio avec tous les intervenants. Le départ de la rame V150 n'est autorisé qu'après un échange de dépêche entre l'Opérateur Essais au sol, Daniel Beylot le Responsable Opérationnel des Essais à bord de la rame V150 et enfin le « quitus » donné par la rame balai 4404.

#### Mesures et enregistrements réalisés à bord :

Les mesures mises en œuvre à bord de la rame se classaient en trois catégories :

- les paramètres de sécurité ;
- les paramètres de pilotage ;
- les paramètres d'investigation.

**Les paramètres de sécurité** : concernent la sécurité de la circulation et reposaient sur :

- l'interaction véhicule - infrastructure, soit :
  - le comportement dynamique ;
  - le captage ;
- le comportement des organes de roulement et de transmission.

Ces paramètres étaient surveillés en temps réel, une valeur limite était fixée pour chacun d'eux et en cas de dépassement, la progression en vitesse pouvait être bloquée pour la suite de la marche, au pire l'arrêt immédiat pouvait être décidé. À la fin de chaque marche, ces paramètres étaient analysés et l'équipe dirigeante décidait des conditions de circulation de la marche suivante qu'elle remettait ensuite à l'équipe de conduite sous forme d'un diagramme de vitesse annoté.



La photographie (*figure30*) prise par Jean-Jacques D'ANGELO dévoile un de ces instants privilégiés où, par exemple, la discussion est engagée entre Alain CUCCARONI et Jean Claude ZABÉE, elle concerne probablement les données de l'infrastructure

**Figure 30** : Dans le « labo du haut » grande discussion stratégique entre Alain CUCCARONI et Jean-Claude ZABÉE, Pierre DELFOSSE et François LACÔTE restent très attentifs.



**Les paramètres de pilotage** étaient destinés :

- à la mise au point, au réglage et à la surveillance des chaînes de traction POS et AGV ;
- à la surveillance du bon fonctionnement des équipements de frein ;
- à s'assurer de la bonne tenue aux sollicitations aérodynamiques de l'ensemble des pièces de carénage de cabine des motrices avant et arrière et des différents éléments de carénage de la rame.

**Les paramètres d'investigation** étaient essentiellement destinés à acquérir des données dans un domaine de vitesse inconnu jusqu'alors. Ils complètent nos connaissances, permettent de valider les modèles de calcul et intéressent plus particulièrement le captage, le comportement dynamique, le comportement aérodynamique, l'adhérence, les structures de caisse, le confort vibratoire, le confort acoustique. L'analyse de tous ces enregistrements permettra aussi de compléter et de préciser nos spécifications techniques.

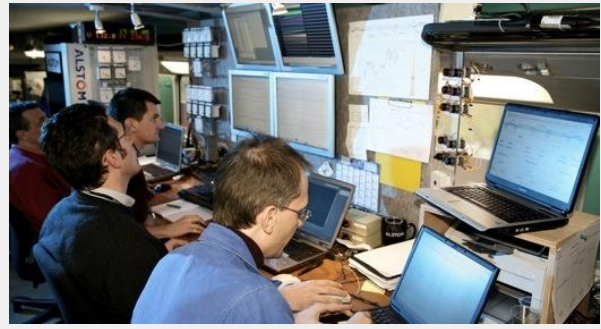
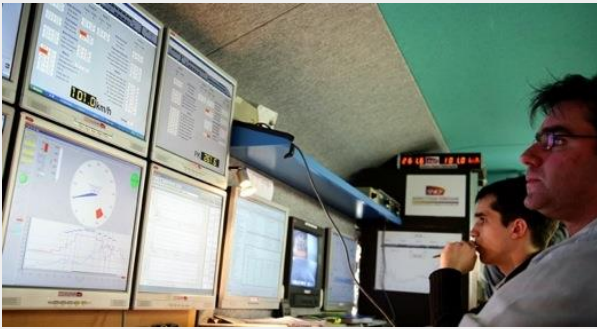
La collecte de tous ces paramètres et informations a nécessité environ 600 points de mesures, dont 150 destinés à la sécurité des circulations. Côté voie, ouvrages d'art et environnement l'instrumentation représente environ 200 points de mesures.

Les figures 31, 32 et 33 illustrent la densité des écrans de contrôle et l'instrumentation mise en œuvre à bord de la rame et au sol : du contrôle de la caténaire au passage du train jusqu'à la roue instrumentée pour la surveillance en temps réel des forces au contact roue-rail, mais aussi les jauges de contraintes posées sur les rails et les traverses, les antennes pour les mesures acoustiques comparatives réalisées aux passages de la rame balai qui circule à 380 km/h et de la rame V150.



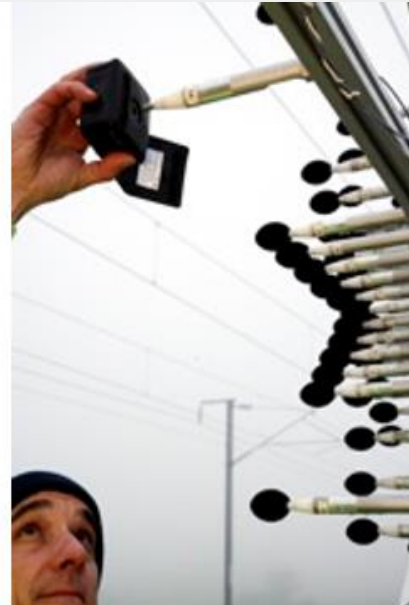
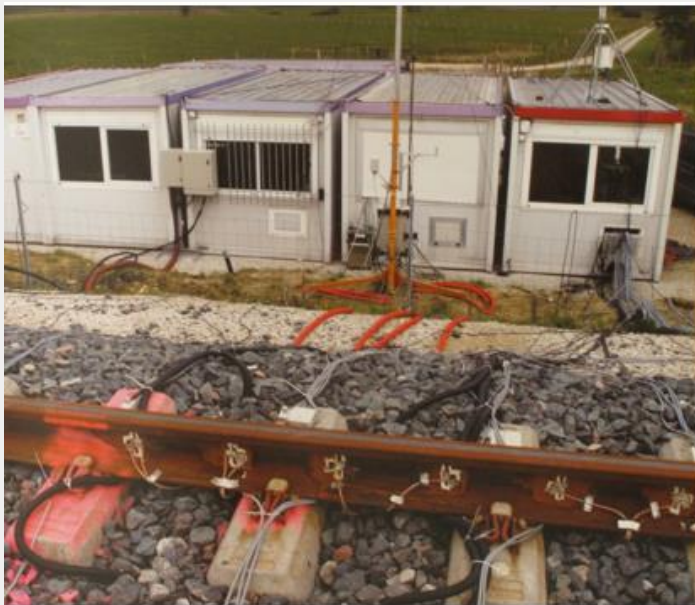
**Figure 31** : : « Labo du haut » : partie consacrée à la dynamique ferroviaire, surveillance de l'interaction véhicule-voie.

Photos : Jean-Jacques D'ANGELO



**Figure 32** : vues du « labo du haut » consacré au captage et au fonctionnement global de la rame et « du labo du bas » consacré à la motorisation et à l'aérodynamique

*Photos : Jean-Jacques D'ANGELO*



**Figure 33** : Les labos de l'infra : mesures des efforts sur la voie, soulèvement de la caténaire et acoustique.

*Photos : Jean-Jacques D'ANGELO*



## Remarques :

Si l'on se réfère aux essais de 1990 où environ 150 paramètres avaient été enregistrés à bord de la rame TGV A 325, on peut noter que lors des essais V150, la métrologie à bord de la rame a pratiquement triplé. Ceci s'explique par 3 évolutions majeures qui caractérisent l'essai V150 par rapport à l'opération TGV117 :

- tout d'abord, la mise en œuvre des bogies prototypes AGV et de leur chaîne de traction spécifique ;
- ensuite, le renforcement des contrôles mécaniques et thermiques ;
- enfin, les mesures aérodynamiques nettement plus importantes.

Dans un autre domaine, la modernité des moyens mis en œuvre, au niveau des laboratoires, avec la généralisation des outils informatiques permettant de synthétiser les résultats sur écran de façon élaborée, le recours à de multiples caméras vidéo pour la surveillance des structures, des disques, du pantographe etc. ont permis de suivre en temps réel tous ces paramètres, améliorant grandement l'efficacité des contrôles et, par voie de conséquence, la sécurité des essais.

## 8.2 - La rame de « servitude »

La rame POS 4404 « ouvre » le domaine d'essais. Elle est équipée d'un laboratoire de mesure dynamique pour contrôler à grande vitesse l'état de la voie. Elle assure aussi la surveillance de la caténaire et des abords. Le résultat de cet examen autorise la mise en circulation de la rame V150. La vitesse de « balayage » est de 380 km/h. Elle dispose de roues motrices de 1050 mm lui offrant une hauteur d'attelage correcte pour le remorquage de la V150 du TEE jusqu'au domaine d'essais (figure 34).



**Figure 34** : La rame POS 4404 dite rame de « servitude » réalise le « balayage » à grande vitesse juste avant le passage de la rame V150.

Collection : Alain JEUNESSE

## 8.3 - Essais préliminaires

La rame V150 est arrivée au Technicentre Est Européen (TEE) : le 21 décembre 2006. Dès le 26 décembre, le TEE prend la rame en main pour différents essais et vérifications ainsi que pour terminer sa préparation.

Le début des essais est essentiellement utilisé pour vérifier et « peaufiner » les réglages de la rame. Ils permettent de vérifier le comportement dynamique de l'ensemble de la rame, bogies et caisses, et plus particulièrement des bogies AGV qui vivent leurs premiers instants sur une voie ferrée. De la simulation à la réalité !

Ces premiers jours révèlent une qualité de voie exceptionnelle et une stabilité exemplaire de la rame d'essais. C'est également le moment propice choisi pour faire un point « 0 » de l'état de la rame et de démarrer le suivi des actes techniques de maintenance. C'est le point de départ d'un suivi très méthodique des organes critiques de la rame. Ces essais à grande vitesse sont l'occasion, pour l'ingénieur ferroviaire de comparer le comportement en fatigue d'un train composé d'éléments de série soumis aux « agressions » des kilomètres parcourus à très grande vitesse, à l'expérience du service commercial de tous les jours.

Après chacune des journées en ligne la rame est auscultée depuis le pantographe jusqu'aux roues. Des prélèvements d'huile réducteur et pont moteur sont effectués et analysés tous les soirs. Les visites et examens systématiques ont révélé quelques « bobos » dus à quelques envols de ballast lors des premières montées en vitesse.

## **9 - Le déroulement des marches à très grande vitesse**

Les premières marches commencées le 15 janvier 2007, ont permis d'effectuer l'analyse du comportement dynamique de l'ensemble de la rame et plus particulièrement du bogie AGV, de régler la rame, de mettre au point les chaînes de mesure et de faire une identification de la zone d'essais. Ensuite les marches à très grande vitesse ont montré que les lois de pilotage choisies, aussi bien pour le pantographe que pour la chaîne de traction et les auxiliaires conviennent pour atteindre l'objectif de 150 m/s et au-delà... peut être 156, voire 158 m/s.

### **9.1 - Bilan de la première phase : du 15 janvier au 28 février 2007**

11 marches au-dessus de 500.

313,35 km parcourus au-dessus de 500 km/h.

La qualité de voie est exceptionnelle.

On constate un excellent comportement dynamique de la rame, aussi bien des bogies que des caisses. Pas d'anomalies constatées sur les transmissions, les roulements, l'huile des réducteurs et des ponts moteurs.

Pas d'échauffement particulier pour les transformateurs et moteurs de traction

Les deux freinages rhéostatiques effectués à  $V > 500$  km/h montrent un échauffement régulier des Rh et une stabilisation de la température vers 512 °C.

#### **Quelques constatations aux vitesses voisines de 360 à 400 km/h :**

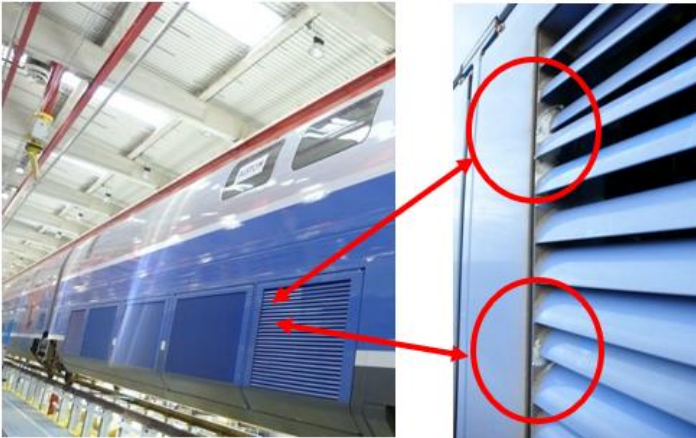
- Les trappes d'attelage qui s'entrouvrent et offrent une entrée d'air importante sous la structure composite de la cabine : danger pour les fixations, bruit en cabine, entrebâillement des portes d'accès aux commandes d'attelage ;
- Les cavités sous caisse (des motrices en particulier) offrent un espace où le ballast peut devenir destructeur.



### **Quelques constatations aux très grandes vitesses : les paliers 500, 540 km/h :**

- Les bavettes inter caisse qui ont tendance à gonfler vers l'extérieur : nécessité de les maintenir par des élingues. L'inter caisse est source de turbulences importantes ;
- La déformation (élastique ?) de la structure composite au-dessus de l'anneau porte phare dû à la pression de l'air ;
- Les flasques de roue pour la protection des jauges de mesure : le mécanisme de défaillance semble être provoqué par un glissement latéral du couple flasque intérieur - flasque extérieur par rapport au voile de roue. Ce glissement offre une ouverture à l'écoulement d'air sur la roue et provoque ainsi l'éclatement du système. Une amélioration du montage est en étude ;
- Quelques négligences de serrage sont bénignes pour un service à 300, 320 km/h, elles peuvent devenir dangereuses aux très grandes vitesses : exemple des bourrelets entre motrice et remorque qui ne devaient pas être bien fixés au début de la campagne d'essais ;
- Les panneaux évolutifs : faiblesse des équerres de fixation suite à une réalisation non conforme. Il est intéressant d'évaluer la durée pendant laquelle ces équerres tiennent en régime « commercial » et celle où elles ont tenu en régime « V150 » ;
- Jupes de la motrice : faiblesse due peut-être à un forçage lors de la mise en place et de l'assemblage de l'ensemble composite du nez des motrices. Le film 3M a été d'un grand secours pour nous rassurer, maintenir en place les jupes, fermer et étancher les joints entre pièces du nez avant ;
- Les persiennes horizontales de la R4 montrent des faiblesses : tenue des soudures entre ailettes et cadre. Cette défaillance ne se produit que d'un côté de la rame, à droite dans le sens de circulation à très haute vitesse. Les persiennes similaires des R4 Duplex montrent également des signes de fatigue similaires ;
- Le comportement du pantographe semble se modifier à partir de 500. Un effet aérodynamique modifie la portance de l'archet.

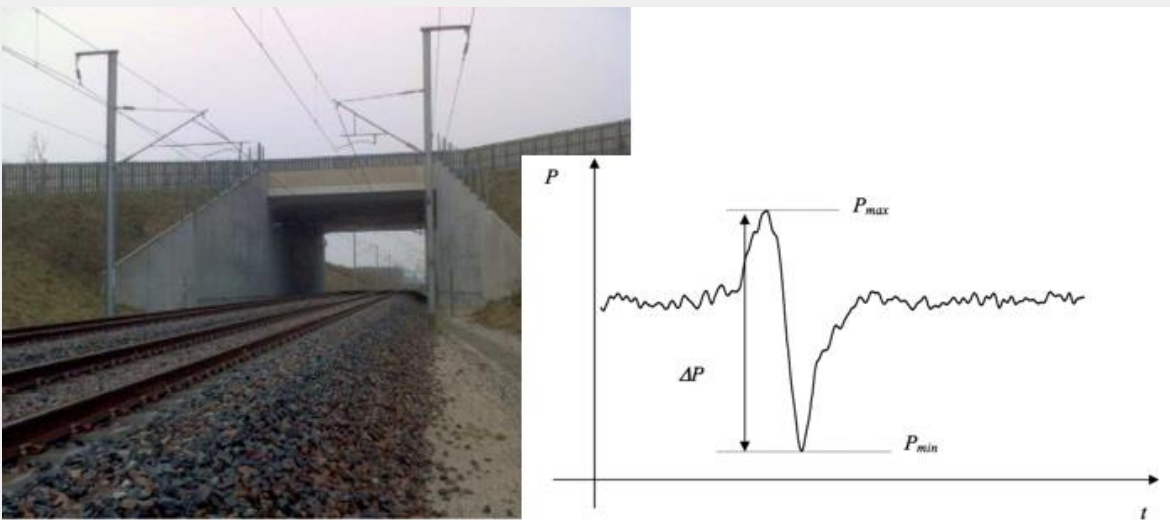
Nous constatons finalement que la défaillance des persiennes de la R4 est provoquée par un choc aérodynamique de forte amplitude au passage sous les ouvrages d'art. Le « coup de poing » sur la structure de caisse se produit du côté le plus proche de la pile des ponts. La grande vitesse et le caractère répétitif de ces chocs violents contribuent à une fatigue accélérée des soudures des persiennes. La *figure 35* montre le résultat sur les persiennes, un des ouvrages permettant le passage des grands animaux et la variation de pression  $\Delta P$  observée à bord de la rame.



**Figure 35** : Persiennes de la R4 soumises aux « chocs aérodynamiques » répétitifs au passage des ouvrages d'art, en particulier ceux dits « passage grande faune » (pgf)

illustrés par le graphique en bas à droite. Ici pgf du PK 189,5.

Photos : Alain JEUNESSE, Eliane ALLAIN, Remy GREGOIRE, (février 2007)



Les variations de pression les plus importantes se situent au PK 189,5, au PK 199 et au PK 201,6 (qui sont tous des Passages Grande Faune), l'ouvrage d'art le plus critique étant celui du PK 189,5.

Tableau récapitulatif simplifié des marches effectuées à plus de 500 km/h.

	Date	Marches	Distance (km)	Vmax (km/h)	Observations
1	8/02/2007	Marche 39-04	5,579	502,2	240 kV côté RTE, tension et courant caténaire : 28,2 kV, 770 Aeff.
2	12/02/2007	Marche 43-02	16,265	510,4	Décollements panto et brosses de courant sur PMCF.
3	12/02/2007	Marche 43-04	33,365	528,3	240 kV côté RTE, tension et courant caténaire : 28 kV 780 Aeff Test freinage Rh : $V > 500$ km/h sur 2mn avec $P = 900$ kW la température se stabilise à 512 °C. Circulation d'air parfaite. Captage : évolution de l'effort de contact avec la vitesse.
4	13/02/2007	Marche 44-02	33,807	541,1	Mise en place des carénages de bogie sur les motrices. Vent de face
5	13/02/2007	Marche 44-04	22,159	543,2	La performance réalisée n'est pas conforme aux calculs : les observateurs sur les ouvrages d'art signalent la déformation des bavettes intercaisse avec prise au vent pénalisant le terme C. Perte ou soulèvement d'une pièce « blanche » par observateur cabine arrière : freinage demandé.
6	13/02/2007	Marche 44-06	35,03	554,2	Perte d'un flasque de roue. Disjonction par brosse de courant pk 191. Captage : réduction de l'effort de contact avec la vitesse. ( $V > 500$ ?)
7	19/02/2007	Marche 50-04	37,785	507,3	240 kV côté RTE, tension et courant caténaire : 30,3 kV avec 760 Aeff. Suppression des carénages de bogie. Brouillard visibilité minimale 160 m sur une partie de la zone.
8	19/02/2007	Marche 50-06	19,677	544,8	240 kV côté RTE, tension et courant caténaire : 30,5 kV avec 790 Aeff. Destruction flasque de roue sur bogie AGV.
9	20/02/2007	Marche 51-02	38,799	555,5	240 kV côté RTE, tension et courant caténaire : 30,3 kV avec 790 Aeff, soit 24 MW au panto.
10	20/02/2007	Marche 51-04	37,099	559,4	240 kV côté RTE 240, tension et courant caténaire : 30,5 kV avec 790 Aeff. Conforme à la marche théorique. Conditions météo idéales.
11	28/02/2007	Marche 59-02	33,812	508,9	Préparation retransmission vidéo. Configuration nominale 27,5 kV. Vent et pluie.

## 9.2 - Mise à disposition de la rame pour la communication

Cette phase de « repos » pour l'ensemble des équipes du terrain et de la rame offre la possibilité de menus travaux de remise en ordre pour effacer toutes les fragilités de la rame : nez avant, jupes, bavettes, persiennes, etc.

Elle donne également la possibilité de faire une première analyse des enregistrements réalisés et de confirmer l'énorme potentiel de la rame et de l'infrastructure.

La rame est aussi à disposition des décorateurs qui avec une grande précision, en assurent son pelliculage très remarqué.

Pelliculage de la rame V150 : « **Jet de chrome sur fond noir** » (figure 36).



**Figure 36** : La livrée très réussie de la rame : « jet de chrome sur fond noir ».

Photo : Jean-Jacques D'ANGELO.

Elle sera présentée à la presse le 26 mars.

Les montées en vitesse reprendront fin mars. Le jour « J » est fixé pour le 3 avril. Le 5 avril sera le jour de réserve au cas où le 3 la météo ne soit pas favorable.

## 10 - La deuxième phase

Les circulations reprennent les 28 et 29 mars sur LGV pour une nouvelle identification du domaine d'essais.

La deuxième marche du 28 est interrompue par un bruit très fort en remorque lié à des projections de ballast sous caisse. Daniel BEYLOT et l'équipe de conduite annoncent que ce freinage d'urgence avec pression CG à 0 vient de se déclencher "tout seul" ! surprenant toutes les personnes à bord !!!

Aussi bien en cabine de conduite que dans les labos s'installe le doute : qui a déclenché ce freinage ? Pourquoi ? Que se passe-t-il ?



En salle basse de la R1 c'est l'effroi une vitre vient d'être brisée avec grand fracas. Les quelques journalistes invités, en « avant première » pour repérage, par les directions de la communication de la SNCF et d'Alstom, qui avaient heureusement exigé de ne pas communiquer et leurs avaient fait signer un "embargo sur communication", ont eu droit au « grenailage » du ballast, au bris de la baie latérale ... et à la fumée envahissant toute la salle basse: fumée résultant de la « carbonisation » des gaines des instruments de mesure des températures (camera infrarouge) des disques de frein, du fait de la température très élevée des disques. Autant dire qu'ils ont été très surpris et inquiets ! Que s'est-il passé ?

L'information vient de la cabine arrière : « c'est un « frisbee » qui s'est envolé ! il y a des morceaux partout ». Cet objet diabolique, en s'envolant, a donc coupé la CG déclenchant le freinage d'urgence. En même temps les débris ont « virvolté » sous caisse, ont créé un envol de ballast produisant de nombreuses percussions sous le plancher des remorques R4 et R1 en particulier. La *figure 37* ci-après illustre les conséquences de cet incident.



**Figure 37** : conséquences de la perte d'un flasque de protection des roues instrumentées : vitre brisée, chocs sous caisse.

Photos : Alain JEUNESSE

Le frisbee est un flasque en matériau composite fixé sur les roues instrumentées nécessaires à la mesure des Y et Q. Sa fonction est tout simplement de protéger les jauges contrainte collées dans la toile de la roue.

Mais pendant ce temps-là la rame V150 roule toujours... Le freinage a été déclenché au voisinage du PK 207 alors que la rame est toujours en accélération et aborde la descente vers Passavant en Argonne : la vitesse est de 506 km/h. Toutes les attentions sont tournées vers l'ensemble garnitures-disques de freinage d'un des bogies porteurs. La température monte, et la rame roule toujours... Finalement la rame V150 décide de s'immobiliser au PK 191 devant une foule admirative et fidèle qui nous remercie de nous arrêter pour les saluer (*figure 38*).



**Figure 38** : Au niveau de Passavant en Argonne (PK 191) les fidèles riverains viennent saluer la rame V150. Le secours est porté par la rame 4404.

Photos : Collection Alain JEUNESSE

En parallèle François LACÔTE doit expliquer aux journalistes installés dans la R1, émus et inquiets, ce qui s'est passé. Ils sont relativement sympathiques dans leurs réactions : « nous comprenons, ce n'est pas de chance, et ce n'est donc pas si grave ! ».

Ils comprennent que la perspective de la marche du record est ainsi remise en cause. François LACÔTE leur répond que ce n'est pas certain du tout, et que la décision sera prise le soir après la visite de la rame au centre de maintenance. Il faut leur rendre cette justice : ils ont respecté leur signature sur « l'embargo » et aucun n'a communiqué !

Après une visite sous la rame comme le dévoile la *figure 39* : plus de peur que de mal. Les garnitures de frein ont bien résisté à ce « test involontaire » (*figure 40*). Les experts réunis au pied de la motrice comme l'indique la *figure 41*, juste après l'incident, prennent à l'unanimité une sage décision : « nous devons enlever tous ces frisbees ! »



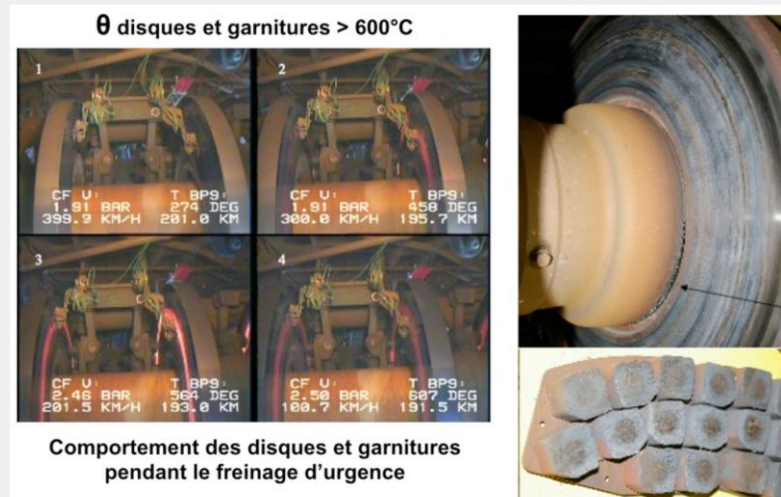


**Figure 39** : Flasque disposé sur une roue instrumentée pour protéger les capteurs. Et morceau de flasque détruit. La dénomination technique étant devenue : « frisbees » ...

Photos : Jean-Jacques D'ANGELO



Détail de la rupture CG en remorque d'extrémité R8.



Ces images illustrent pour différentes vitesses, le travail réalisé par les disques et les garnitures pendant le freinage d'Urgence déclenché par la rupture CG.

**Figure 40** : Le record du monde de freinage ! Freinage d'urgence déclenché à 506 km/h

Documents : SNCF-AEF



**Figure 41** : les experts au pied de la motrice prêts à sacrifier tous les « frisbees ».  
 Photo :Jean-Jacques D'ANGELO

Après les isolements adéquats la rame pourra être remorquée par la rame de servitude qui est stationnée à Tilloy et Bellay au PK 141. « Allo, Gilles<sup>2</sup>, tu peux venir nous chercher ».

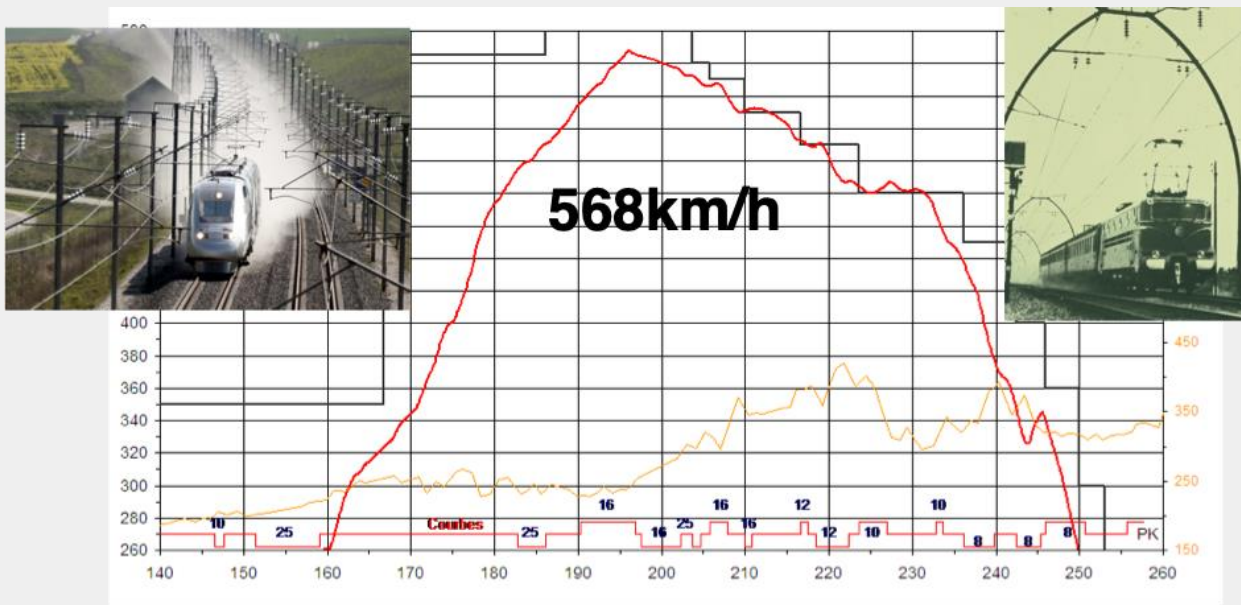
L'équipe de maintenance du Technicentre de Pantin est immédiatement prévenue. Une vitre sera récupérée au Technicentre de Paris Sud-Est. Les freinistes du Technicentre de Bischheim sont réquisitionnés pour remplacer la tuyauterie cisailée et rétablir la CG sous la R8. La réparation débutera dès le retour de la rame au « stand ». Elle se poursuivra tard dans la nuit. La rame V150 pourra à nouveau se présenter au départ du technicentre de Pantin le matin du 29 mars à 6h. Cette équipe de maintenance est aussi une équipe de champions !

Après les déboires de la veille toutes les conditions sont réunies ce 29 mars 2007 pour passer une excellente journée. La météo promet une belle journée. La rame est réparée et mise en condition opérationnelle nominale. Tous les frisbees ont été déposés. La première marche a été exemplaire : le 540 km/h a été dépassé sans aucun soucis !

La deuxième fut extraordinaire ! 568 km/h au PK 194. Ce 29 mars est aussi l'occasion de donner un coup de chapeau à nos « anciens » qui en mars 1955 avaient roulé à 331 km/h dans les Landes ! Le diagramme de vitesse est donné par la figure 42. Cette journée est aussi celle des premiers tests du système vidéo avec retransmission HF pour lequel de nombreuses améliorations apparaissent indispensables.

<sup>2</sup> Il s'agit de Gilles PERRIMOND le cadre traction « titulaire » de la rame de servitude POS 4404





**Vmax 568,0 au pk 196,06** : 14<sup>ième</sup> marche à V>500. Distance parcourue à V>500 : 392km La puissance à la jante est voisine de: 20MW ! La puissance captée au panto est de 24,3MW

**Figure 42** : Le 29 mars 2007, après une course parfaite la vitesse de 568 km/h a été atteinte au voisinage du Pk 194, 52 ans après la performance de la BB 9004 sur la ligne droite des Landes (Photo extraite de la Vie du Rail).

Photo : Jean-Jacques D'ANGELO

Le 2 avril : La répétition générale A l'issue de cette journée tout est prêt pour le lendemain, y compris le système vidéo pour lequel les techniciens se sont montrés, là aussi, très performants.

### 10.1 - La journée du 3 avril : le jour « J »

Une journée comme les autres..., ou presque. A bord nous savons que nous devons nous rendre sur « le pas de tir » au PCV de Prény PK 265 et attendre.

Au pied de la rame à 6 h du matin. Un salut chaleureux mais un peu tendu ce matin. Mise en route des chaînes de mesure. Le café et le cake au beurre partagé avec toute l'équipe en salle basse de la R8. « Eric, tu n'oublies pas : les marches sur l'erre avec 300 A au panto ». Le départ pour la gare de l'Est. Une autre partie de l'équipe embarque. Le départ est donné à 7h40. C'est la 4404 qui est en tête du convoi. Les deux rames seront séparées au PCV de Tilloy et Bellay. Elles regagneront ensuite chacune leur poste pour réaliser la marche de la journée.

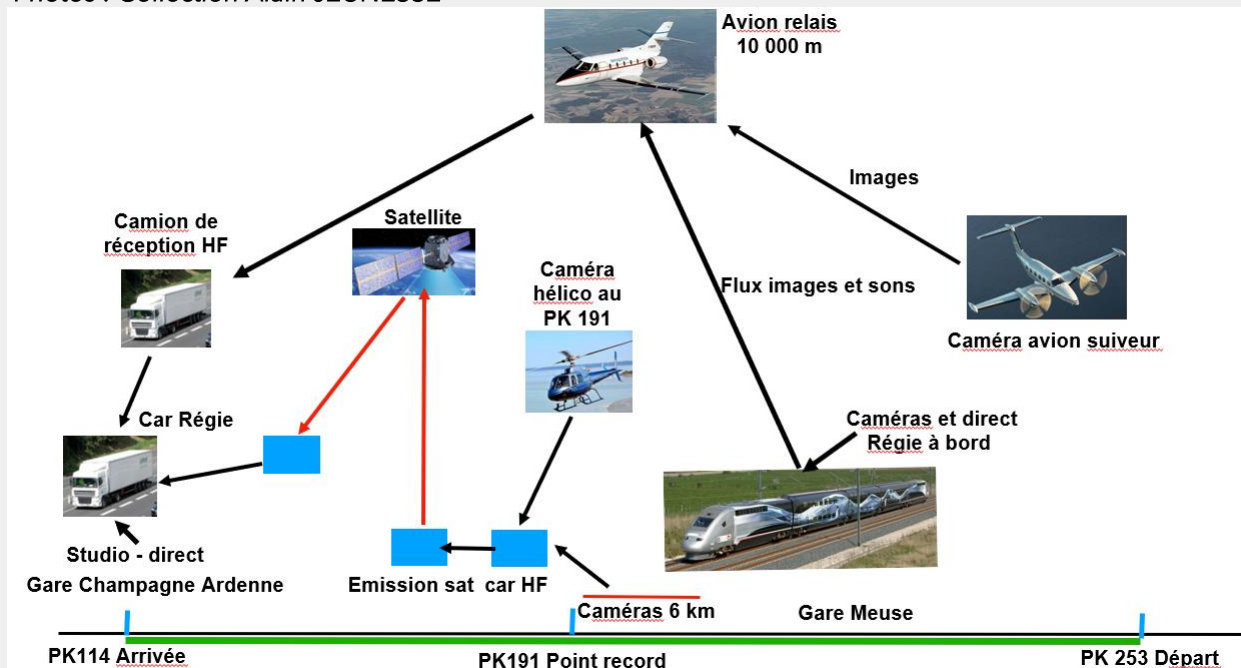
10h30, PCV de Prény : l'attente est longue. Le départ est prévu à 13 h pour être en direct dans « les JT ». Chacun tente de ne pas communiquer son stress à son voisin, et s'occupe comme il peut. Re-vérification des chaînes de mesure. Re-vérification du dialogue avec les équipements de traction. Re-vérification des enregistreurs pour l'acquisition des données. Nous sentons monter l'inquiétude du risque avec ces ultimes questions : « Sébastien as-tu filtré la mesure du bus de tension ? ». « Et si on a une rupture tripode ? ». Toutes les équipes sont prêtes, mais l'attente est longue...

Deux avions décollent de Nancy. L'un se positionnera à 10 000 m d'altitude et servira de relais pour la retransmission des images vidéo dans le monde entier. L'autre, de type Corvette tentera de suivre, à 200 m d'altitude, la rame afin de réaliser des images extraordinaires sur la majeure partie du parcours à très grande vitesse. La toiture de la R4 est truffée d'antennes permettant les liaisons hertziennes (figure 43). Ici nous pouvons également saluer la prouesse de toutes les équipes de la « COM » pour la mise en œuvre de tels moyens techniques à bord de la rame, en l'air et au sol au voisinage du PK 191 et à la gare TGV de Reims-Champagne-Ardenne (figure 44).



**Figure 43** : A bord de la rame l'ensemble du dispositif nécessaire à la Com. Les caméras, la régie à bord, les antennes sur le toit de la R4

Photos : Collection Alain JEUNESSE

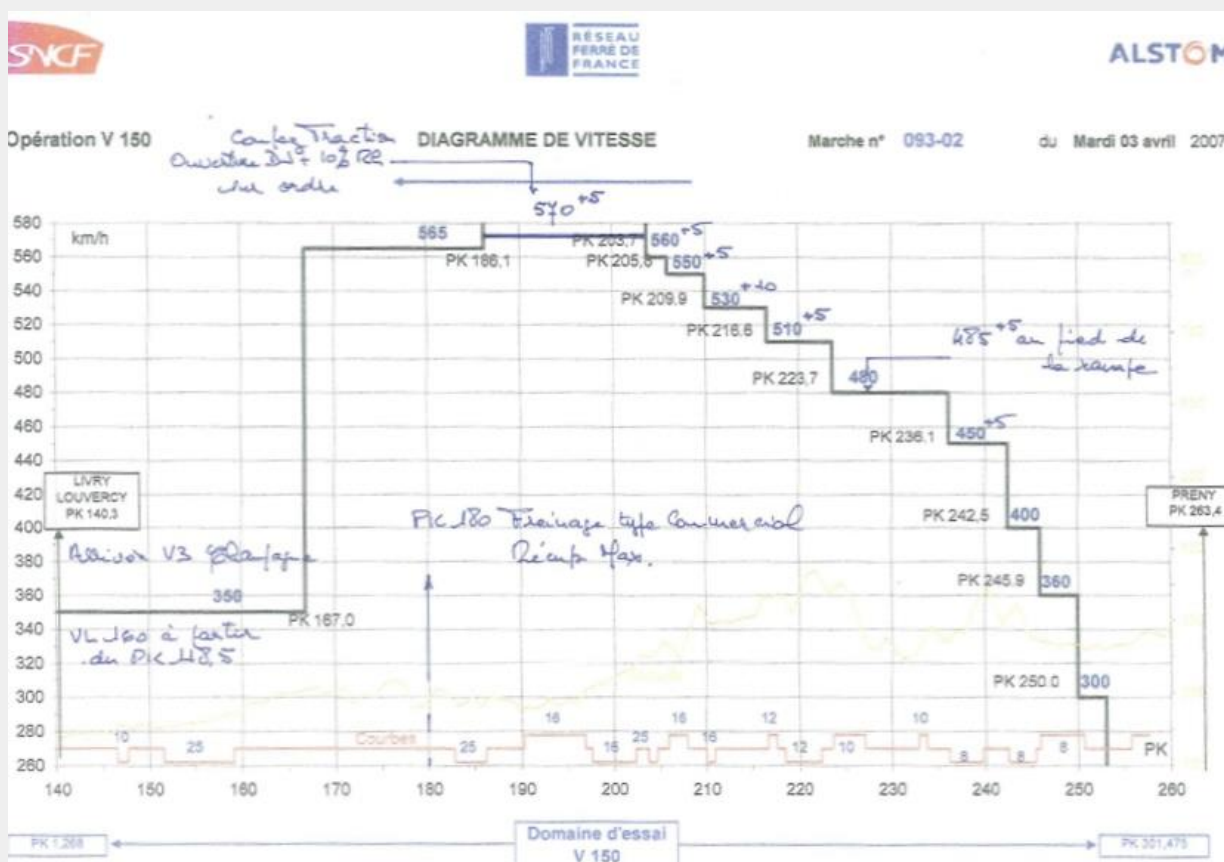


**Figure 44** : Représentation schématique du dispositif technique de retransmission des images et du son en direct. Dessin : Alain JEUNESSE

Un huissier accompagné d'un clerc sont montés à bord. Chacun prendra place dans un des labos. Ils seront chargés d'homologuer la vitesse réalisée. Je me souviens que la jeune clerc qui avait rejoint « le labo du bas » voulait nous proposer des bonbons : elle ne devait pas être très rassurée de monter à bord de ce bolide truffé d'appareillages de mesures et d'écrans.

Plusieurs invités sont montés à bord. Nous reconnaissons parmi eux Mme Anne-Marie IDRAC, M. Philippe MELLIER, M. Jacques BARROT, M. Hubert DUMESNIL, M. Guillaume PEPY<sup>3</sup> et quelques journalistes. Au total la R1 accueille une soixantaine de personnalités !

L'équipe de conduite est prête. Claude MARO a reçu de la part de l'équipe dirigeante le polygone de vitesse à respecter représenté par la figure 45. L'objectif est fixé à 570 km/h avec une tolérance de + 5 km/h.



**Figure 45** : Polygone de vitesse défini par l'équipe dirigeante V150.  
Document : SNCF

Daniel BEYLOT déroule la procédure de départ et s'assure que toutes les conditions de sécurité sont confirmées à l'aide de dépêches passées avec l'opérateur essais Alain MALLY situé à Pagny-sur-Moselle. La voie 1 est libre, l'itinéraire est tracé jusqu'à la gare de Champagne-Ardenne.

<sup>3</sup> Mme Anne Marie IDRAC présidente de la SNCF, M Philippe MELLIER président d'Alstom Transport, M Jacques BARROT vice-président de la Commission Européenne en charge des Transports, M Hubert DUMESNIL président de RFF, M Guillaume PEPY Directeur Général de la SNCF.



La tension caténaire est à la valeur demandée. La rame de balayage a donné son quitus. Les gendarmes et les agents de sécurité sont à leur place sur les ponts. Les tests de la commande de « l'URG » sont OK. Et enfin 13h00, à la « sono » de la rame, Daniel annonce de manière très solennelle : « **pour la marche 93-02 départ** ».

Peu après le baisser-panto du PK 242, et la fermeture disjoncteur qui suit, l'annonce du labo du haut « *tension caténaire à 31 kV, les familles sont en place* ». C'est à ce moment que l'on ressent l'accélération de la rame et que la vitesse croît de manière impressionnante. C'est un plaisir ! La puissance est là ! nous atteignons le 500 km/h en quelques minutes, déjà la limitation de vitesse à 480 km/h imposée par la courte rampe en 35 ‰ au début de la courbe de rayon de 10 000 m du PK 227,008 au PK 223,662. Après ce passage délicat, c'est la libération, la gare Meuse est franchie à 530 km/h. Le profil en long est favorable à l'accroissement de la vitesse : « *Que du bonheur !* »

Nous avons juste le temps d'apercevoir les nombreux spectateurs sur les ponts et aux abords de la voie. Ils sont là probablement depuis longtemps. Les heures d'attente devaient être bien longues. Ils seront récompensés par le passage éphémère voire fulgurant d'un « jet de chrome » qui file à travers le paysage à plus de 150 mètres par seconde.

574,1, .... 574,6, 574,7, 574,8 .... 13h 13', pk 194. L'équipe dirigeante demande de couper la traction. Le kilomètre est alors parcouru en un peu plus de 6s. Le coupez courant du pk 181 est atteinte en 2 minutes environ. La tension caténaire à 27,5 kV permet alors un léger freinage par récupération. Peu de temps après Daniel BEYLOT annonce : « **après contrôle et validation, la vitesse officielle est de 574,8 km/h** ». A bord : émotion, joie, fierté, sourires, complicité entre partenaires, .... finalement ce fut presque simple !

Sans oublier un message à l'attention de notre champion du monde : « *Eric, ne loupe pas ton arrêt en gare de Champagne-Ardenne !* ».

Après ce sprint époustouflant la rame a pris sa vitesse de croisière à 350 km/h pour atteindre dans la bonne humeur la gare TGV de Reims-Champagne-Ardenne où une foule incroyable l'attend, dont Michel MASSINON le conducteur de la rame 325.



### 10.1.1 - Bilan de la deuxième phase : du 28 mars au 3 avril 2007

	Date	Marches	Distance V > 500 (km)	Vmax (km/h)	Observations
1	28/03/2007	Marche 87-04	8,158	506,2	Conditions d'alimentation : nominales. Perte des flasques avec fuite CG : freinage d'Urgence sur 16 km, du pk 206 au pk 191. Energie dissipée dans un disque 36 MJ. Bris d'une vitre en R1 salle basse.
2	29/03/2007	Marche 88-02	35,289	541,4	Conditions d'alimentation : 244 kV côté RTE. Flasques démontés. Journalistes à bord
3	29/03/2007	Marche 88-04	35,77	568	Conditions d'alimentation : 244 kV côté RTE, 31,1kV à la sous-station Trois Domaines. Marche exceptionnelle !
4	2/04/2007	Marche 92-02	26,515	550,1	Conditions d'alimentation : nominales Marche de répétition transmissions HF
5	3/04/2007	Marche 93-02	36,046	574,8	Marche record. Avec retransmission en direct à la télévision. Conditions d'alimentation : 244 kV côté RTE. 60 invités à bord.

5 marches au-dessus de 500, soit : 141,778 km parcourus au-dessus de 500 km/h.

***Record mondial de vitesse sur rail : 574,8 km/h établi le 3 avril 2007.***

### 10.1.2 - Un premier bilan de cette fabuleuse campagne d'essais

Outre le record établi il est à noter que :

- 16 marches ont permis d'atteindre des vitesses supérieures à 500 km/h ;
- la distance parcourue à V > 500 km/h est de : 455,128 km ;
- la distance parcourue à V > 550 km/h est de : 52,709 km.

Ce premier bilan nous offre de belles surprises.

Lors de toutes les montées en vitesse nous n'avons pas rencontré de problème d'adhérence. Nous nous attendions à des difficultés compte tenu de la décroissance de l'adhérence avec l'augmentation de la vitesse. Mais, contrairement à la campagne TGV 117 nous n'avons pas consommé de sable.

En effet, la voie TGV Est était fraîchement meulée et très peu circulée. Il est probable que le meulage des rails a eu une très bonne influence sur l'adhérence et cela malgré, pour la rame V150, des vitesses encore plus élevées. L'état du rail est donné par la *figure 46* : nous apercevons distinctement les stries laissées par le meulage.



**Figure 46** : photographie montrant l'aspect du rail sur le domaine d'essais : nous distinguons parfaitement les traces du meulage.

Photo Alain JEUNESSE (avril 2007)

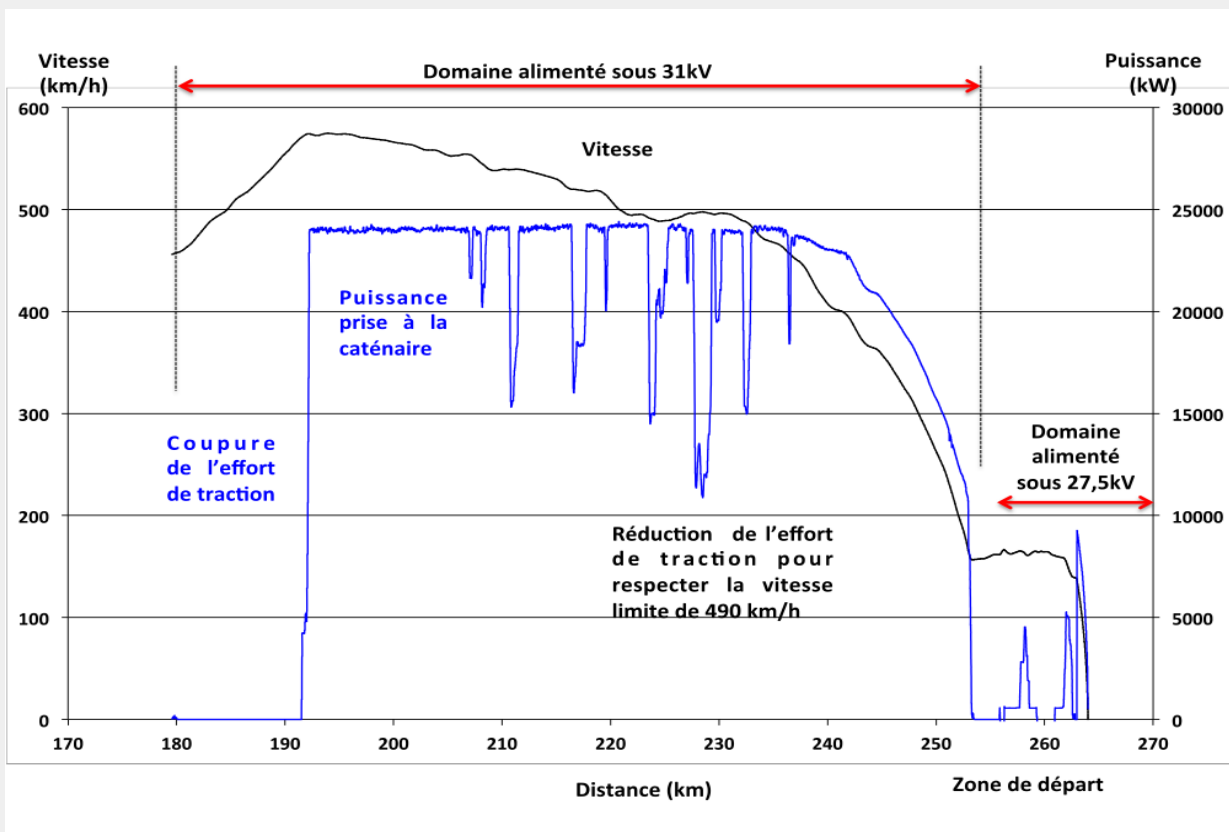
- Les montées en vitesse ont permis de vérifier le résultat des mesures effectuées en soufflerie. Elles avaient été entreprises à l'époque par la Direction de la Recherche SNCF (1999/2000) en prévision du TGV Méditerranée. Elles avaient mis en évidence que pour un TGV Duplex (2N) le véhicule « critique » vis-à-vis du risque lié aux vents traversiers était la motrice de tête, et non la première remorque, et cela malgré la grande différence de masse entre la motrice et une remorque vide de voyageurs, pour des gabarits très voisins! A l'époque François Lacôte avait été un peu surpris (agréablement) de ce résultat. Sept ans plus tard, il en est extrêmement heureux d'en avoir la confirmation, par des mesures "réelles" sur véhicules "réels", à très grande Vitesse !
- Comportement dynamique excellent des bogies et des caisses, notamment des bogies AGV démontrant la possibilité d'y intégrer deux moteurs de traction relativement légers, réduisant ainsi les organes de transmission comparativement à celle des TGV.
- Comportement exemplaire des disques et des garnitures qui ont supporté un freinage d'urgence bien involontaire, confirmant leur aptitude à dissiper sans dommage une énergie bien supérieure à celle adoptée pour les TGV.
- Comportement exemplaire du couple Caténaire-Pantographe. La *figure 47* nous offre une image remarquable du pantographe sous un pendule légèrement déformé. Le train roule alors à 574 km/h la tension est 30,2 kV, l'intensité captée est de 776 Aeff. Le soulèvement maximal de la caténaire, tendue à 4000 daN à cet endroit, est de 18 cm comme prévu par les simulations numériques. Le captage est parfait !



**Figure 47** : Le couple pantographe-caténaire :  
 574,8 km/h  
 PK 193, 91.  
 Tension : 30,2 kV.  
 Intensité captée sur une génératrice de longueur 60 mm : 776 Aeff

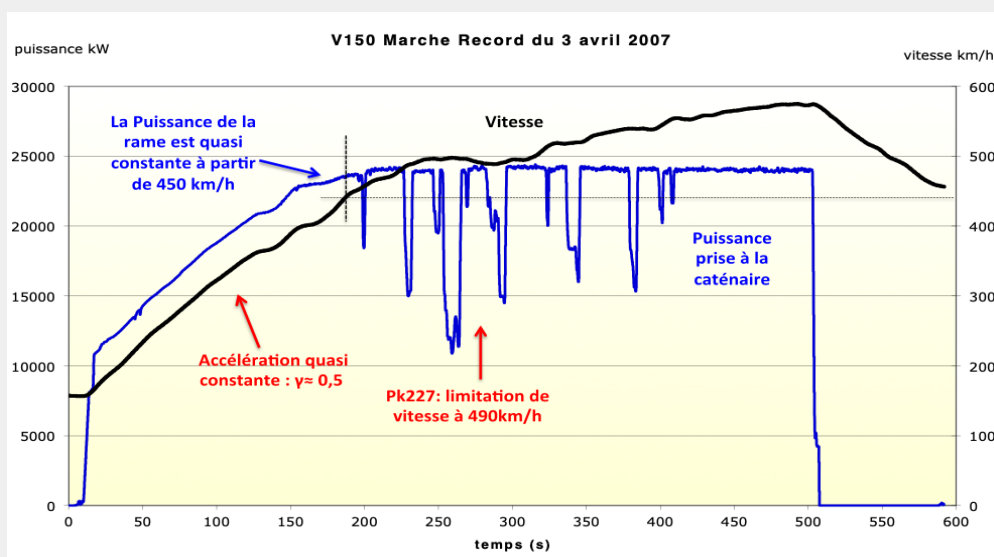
Document : SNCF-AEF

Les figures suivantes représentent l'évolution de la vitesse et de la puissance absorbée à la caténaire soit en fonction de la distance, *figure 48*, soit en fonction du temps *figure 49*.



**Figure 48** : Marche 93-02 : 3 avril 2007. Allure de la montée en vitesse et de la puissance absorbée en fonction de la distance parcourue.

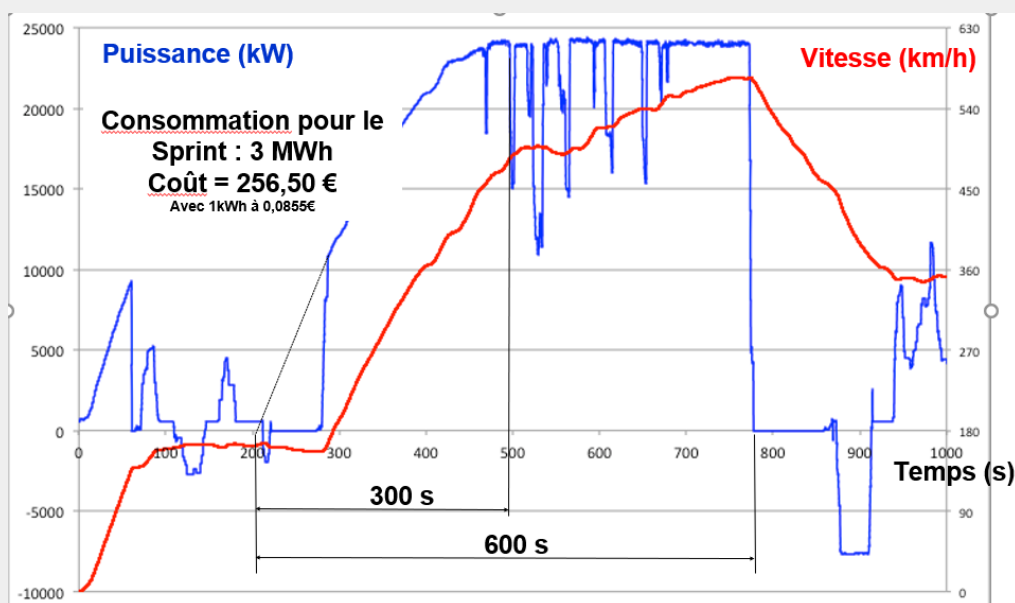
Document d'étude : Alain JEUNESSE



**Figure 49** : : Marche 93-02. Allure de la montée en vitesse et de la puissance en fonction du temps.  
Document d'étude : Alain JEUNESSE

Elles mettent parfaitement en perspective les performances extraordinaires de la rame V150, sa capacité d'accélération voisine de  $0,45 \text{ m/s}^2$ , jusqu'au moment où elle atteint son équipuissance un peu au-dessus de 450 km/h, et la virtuosité du conducteur pour adapter la vitesse de son train au profil délicat et tourmenté de la zone du PK 227.

Du point de vue énergétique, la marche record du 3 avril représentée figure 50 a demandé environ 3 MWh. Lors du freinage pour atteindre la vitesse de croisière fixée à 350 km/h, un peu plus de 300 kWh ont été récupérés au-delà de la section de séparation du PK 181, avec une tension caténaire de 27,5 kV. Ainsi, le coût énergétique de ce « sprint record » avec une centaine de « voyageurs » à bord, peut s'évaluer à 256 €, soit moins de 3 € par personne.



**Figure 50** : Marche record du 3 avril 2007 : Puissance et Vitesse en fonction du temps  
Document : Alain JEUNESSE



	Date	Marches	Distance V > 500 (km)	Vmax (km/h)	Observations
<b>1</b>	10/04/2007	Marche 100-02	22	506,6	Conditions d'alimentation : nominales.
<b>2</b>	10/04/2007	Marche 100-04	24	507,6	Conditions d'alimentation : nominales Réalisation des 500 km à V > 500 km/h
<b>3</b>	11/04/2007	Marche 101-02	20,433	508,1	Conditions d'alimentation : nominales Départ du pk 240 ; vitesse 500 au PK 210. 0-500 en 5mn, g = 0,85 pendant 69 s (écran noir bi-standard)
<b>4</b>	11/04/2007	Marche 101-04	14,236	511,6	Conditions d'alimentation : nominales
<b>5</b>	12/04/2007	Marche 102-02	22,824	520,8	Conditions d'alimentation : nominales
<b>6</b>	12/04/2007	Marche 102-04	23,458	520,5	Conditions d'alimentation : nominales
<b>7</b>	13/04/2007	Marche 103-02	21,586	518,2	Conditions d'alimentation : nominales
<b>8</b>	13/04/2007	Marche 103-04	25,047	519,1	Conditions d'alimentation : nominales
<b>9</b>	14/04/2007	Marche 104-02	24,914	517,1	Conditions d'alimentation : nominales Départ du PK 245 ; vitesse 500 au PK 210. g > 0,8
<b>10</b>	14/04/2007	Marche 104-04	21,778	519,3	Conditions d'alimentation : nominales. Départ du PK 245 ; passage au PK 195 Dj ouvert pour mesure acoustique.
<b>11</b>	15/04/2007	Marche 105-02	25,123	523,3	Conditions d'alimentation : nominales. Départ du PK 245.
<b>12</b>	15/04/2007	Marche 105-04	26,883	542,9	150 m/s au PK 196,4 ! Conditions d'alimentation : nominales. Départ du PK 245. Température extérieure : 30 °C

## 10.2 - Marches « post-record »

Ces marches sont organisées pour la « communication ». L'objectif est double :

- Faire goûter aux invités la sensation de la croisière à plus de 500 km/h ;
- Accumuler des données techniques qui pourront être exploitées par les industriels, les chercheurs et l'exploitant ferroviaire.

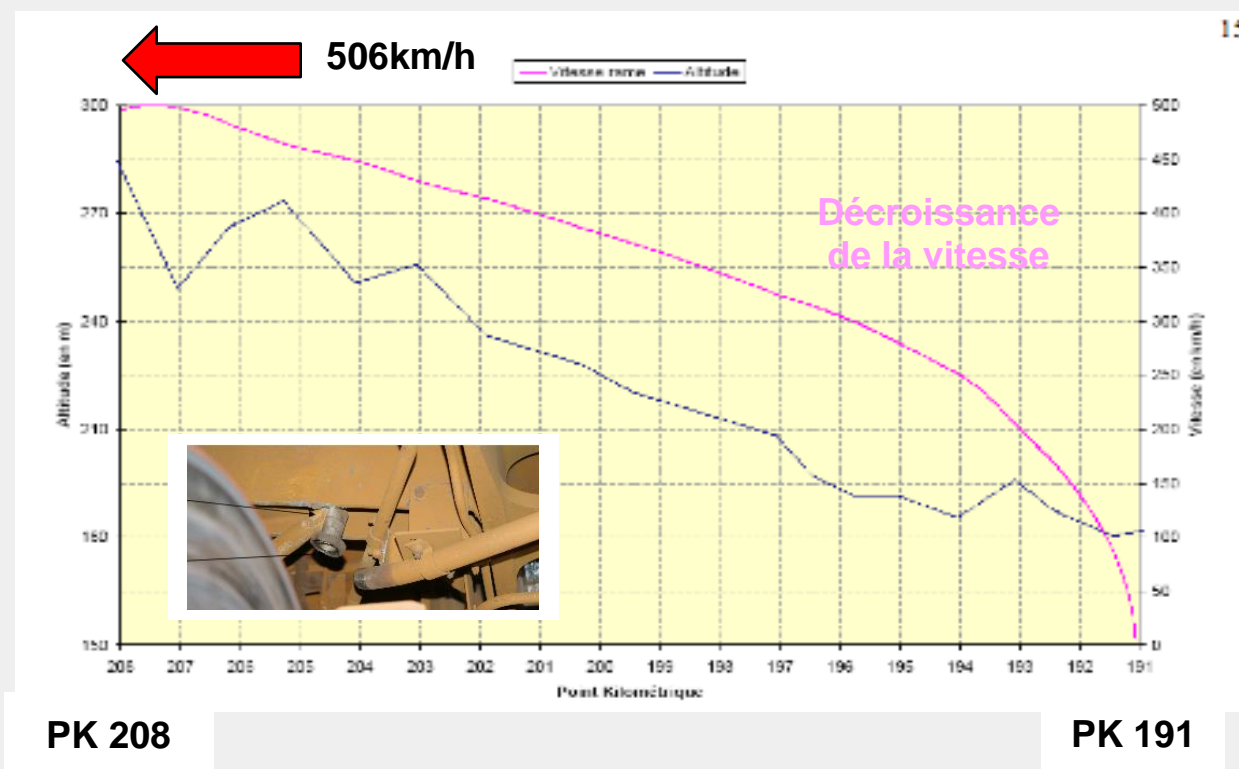
Le 15 avril 2007, la rame « V150 » termine sa campagne d'essais en transportant une soixantaine d'invités à 542,9 km/h. Après la 28<sup>ième</sup> marche, le total des kilomètres parcourus à  $V > 500$  km/h est de 728 km.

### Le record du monde « de freinage » !

Déclenchement d'un freinage d'Urgence à 506 km/h suite au cisaillement de la conduite générale par un éclat en matière composite issu d'un flasque destiné à la protection des jauges de contrainte collées sur les toiles des roues de mesure.

Ce record n'était absolument pas désiré, cependant il avait été anticipé. En effet des essais au Centre d'Essais de Vitry avaient permis de sélectionner des garnitures de freinage capables de dissiper une quarantaine de MJ. Les essais ont été poussés jusqu'à 44 MJ. Ces garnitures équipent l'ensemble du parc TGV.

Le freinage se réalise alors que la rame vient de franchir la gare Meuse, que la pente devient favorable à la prise de vitesse. L'enregistrement présenté *figure 51* retrace le ralentissement complet jusqu'à l'arrêt de la rame au PK 191 (zone normalement à vitesse maximale !) en montrant la lente décroissance de la vitesse et le profil de ligne en fonction des points kilométriques.



**Figure 51** : Record de freinage ! Allure de la décroissance très lente de la vitesse pendant la séquence de freinage d'urgence déclenché par le cisaillement de la CG sous la remorque R8  
 Photo et diagramme : Alain JEUNESSE

La distance d'arrêt réalisée est de 16,5 km. Les calculs avaient prédit une distance en palier de 16,6 km à partir d'une vitesse de 520 km/h. La coïncidence de ces résultats exprime une parfaite connaissance du système et de ses composants de la part des « freinistes ».

## La maintenance

L'équipe de maintenance du TEE est sous la direction de Jean PACARY qui déjà avait participé en 1989 et 1990 aux travaux de la rame TGVA 325 et de Laurent LEJEUNE. L'équipe est regroupée à l'occasion de cette photographie (figure 52) prise au pied de la rame V150.



**Figure 52** : La petite équipe de maintenance dédiée à la V150

Photo : Jean-Jacques D'ANGELO

La rame V150 subissait naturellement un examen très minutieux dès son retour au « stand », au sein du Technicentre Est Européen (TEE), situé à Pantin, sur la banlieue Est de Paris. La trame de maintenance spécifique construite par l'ingénierie, se déroulait en générale pendant la nuit, avec en particulier :

- Surveillance et contrôle des organes de roulement ;
- Surveillance et analyse de l'huile des réducteurs ;
- Détection des impacts sous caisse ;
- Vérification des liaisons mécaniques et de la boulonnerie ;
- Réparations éventuelles.





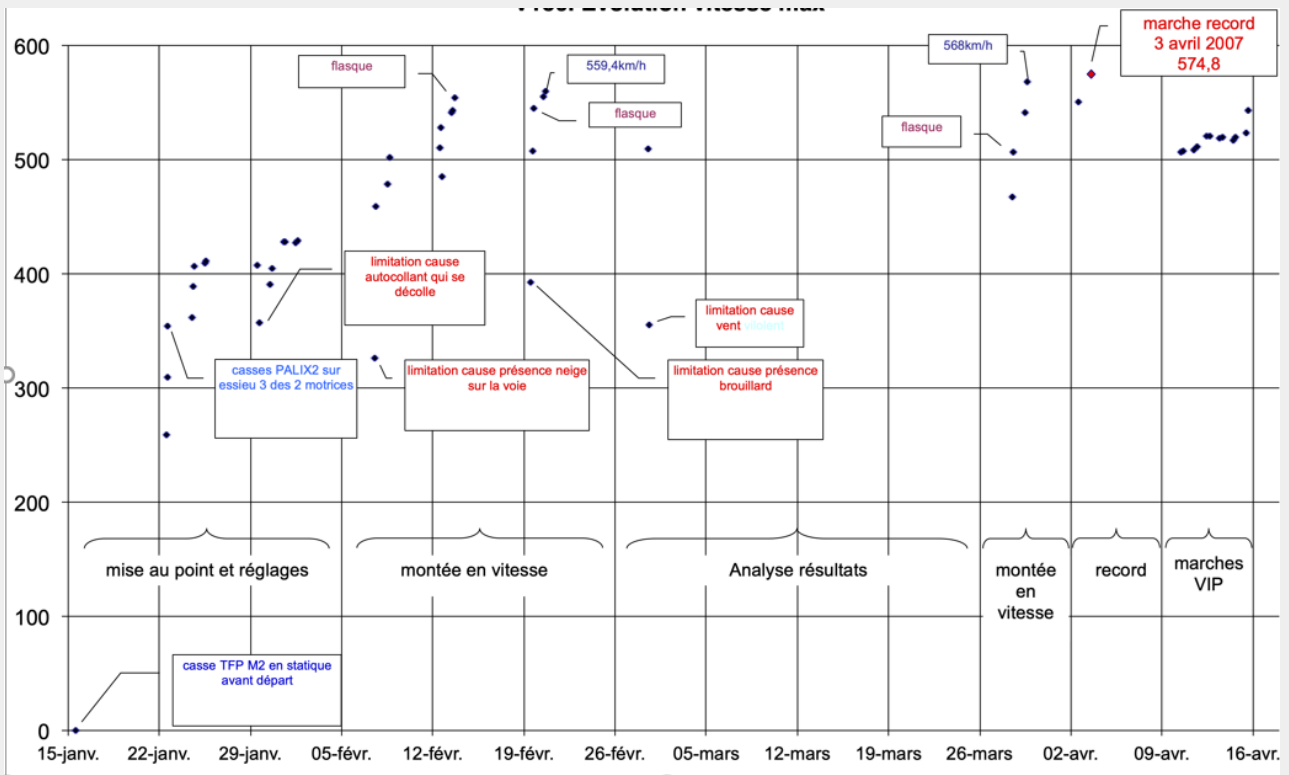
**Figure 53** : Après chacun des retours au stand : Vérifications, et travaux de maintenance  
 Photo : Jean-Jacques D'ANGELO

La figure 53 illustre à titre d'exemple certains de ces travaux de surveillance, de contrôle et de réparation des « bobos » susceptibles d'apparaître après les « sprints » quotidiens.

## 11 - Bilan, analyse et retombées

### 11.1 - Récapitulatif de l'ensemble de l'Opération « V150 »

Cette opération s'est déroulée en 6 phases principales illustrées par la figure 54 :



**Figure 54** : Diagramme récapitulatif des phases de l'Opération « V150 ».

Document : Cyril BRUGUIER (ALSTOM)



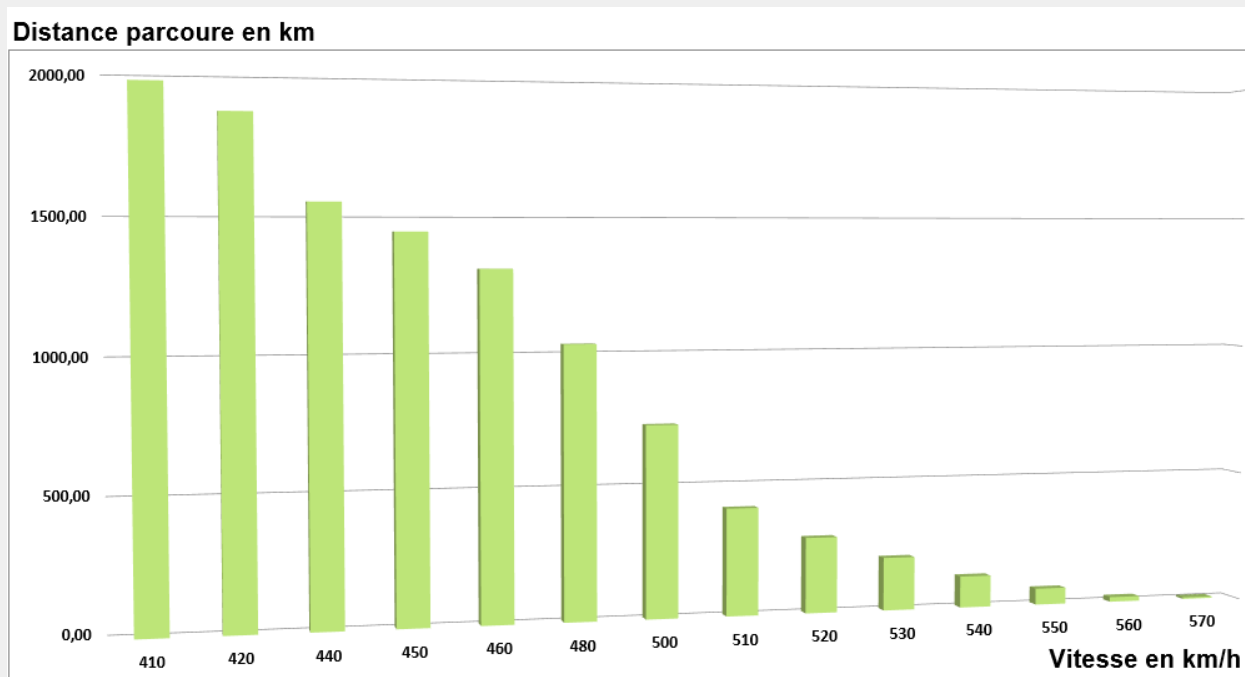
1. Mises au point et réglages de la rame ainsi que des chaînes de mesure en embarqué et au sol ;
2. Montées en vitesse : exploration progressive du domaine de vitesse supérieur à 500 km/h avec validation du domaine d'essais ;
3. Analyse des résultats et « prêt » de la rame aux services de communication pour pelliculage ;
4. Montées en vitesse et réglages finaux pour tous les intervenants ;
5. Jour J : établissement en direct devant les médias et 60 invités à bord du record de vitesse sur rails à 574,8 km/h ;
6. Marches « VIP ».

### 11.2 - Bilan global et retombées

Autant, les marches record de 1955, de 1981 et même de 1990 ont été construites avec des travaux préparatoires en laboratoire, au banc d'essais, mais aussi avec la règle à calcul, le papier millimétré, voire la calculette quand ce fut possible, puis peaufinés directement sur le terrain par des dispositions ou des réglages réalisés au derniers moment. Autant le record de 2007 a été préparé en partie au laboratoire, mais aussi avec de nombreux outils de CAO et de simulation numérique qui ont été presque en mesure de « prédire » le résultat final. Les réglages sur la rame ont d'avantage été réalisés par de « simples » retouches de paramètres intégrés dans les logiciels de pilotage. L'enregistrement des grandeurs physiques a été complètement réalisé en « numérique » avec, en parallèle, un enregistrement « papier » seulement pour certains paramètres de sécurité à surveiller en temps réel. L'acquisition, la transmission, le partage entre experts, le dépouillement et l'analyse, encore aujourd'hui, en ont été particulièrement facilités. Cependant la réalisation a nécessité un travail « d'artisan » en atelier. Les adaptations sur les motrices par exemple ont été l'œuvre de vrais professionnels dont l'art est de savoir « jouer » avec le métal.

Avec pour objectif l'exploration du domaine des 500 km/h, la campagne d'essais à très haute vitesse de 2007 est une belle réussite. Le tableau ci-dessous reprend le kilométrage parcouru par la rame V150 et le compare à celui parcouru par la rame TGV A 325 lors des campagnes de 1989 et de 1990. La *figure 55* complète ce tableau.

Distance parcourue (km)		
Vitesse en km/h	TGV A 325	V150
400	1971	–
410	1694	1977
500	30	728
510	5	408
550	–	62
570	–	6



**Figure 55** : Opération V150. Diagramme représentant les kilomètres parcourus en fonction de la vitesse durant la campagne d'essais à Très Grande Vitesse.

Document d'étude Alain JEUNESSE

### Principales retombées

Les travaux « aéros » ont été utilisés pour améliorer les performances des TGV d'aujourd'hui et pour la conception du TGV M. Ces travaux permettent une réduction de la consommation d'énergie avec une substantielle réduction du terme C. On notera en particulier :

- La confirmation des essais en soufflerie pour la tenue aux vents traversiers, à savoir que le véhicule critique est la motrice, et ainsi le potentiel de Vitesse de la rame TGV 2N est le même que la rame TGV 1N, ce qui était loin d'être évident ! Très important ! On peut penser par exemple aux limites de Vitesse sur LGV Méditerranée par grand vent, qui sont les mêmes en 1N et en 2N !
- L'efficacité des carénages de dessous de caisse motrice-remorque extrême vis-à-vis des phénomènes d'envol de ballast : il n'a pas été nécessaire de "coller" le ballast, même aux vitesses extrêmes, le comportement du TGV est ainsi très loin des problèmes des ICE !
- Les améliorations aérodynamiques avec un nouveau design du revers d'eau appliqué sur l'ensemble des motrices TGV à cabine centrale. La figure 56 rappelle la face avant des motrices POS en 2007 avec l'ancien design du revers d'eau ;
- Les carénages toiture permettant un meilleur écoulement de l'air au voisinage des pantographes.



**Figure 56** : Les retombées du record : Ici la 4401 et la 4402 avec le revers d'eau d'origine appliqué sur l'ensemble des motrices Duplex et PBKA. La 4402 et une Duplex asynchrone série 700, avec le revers d'eau issu du record de 2007, photographiées en 2021.

*Photos Alain JEUNESSE*

Ajoutons également :

- L'exceptionnelle stabilité du bogie AGV malgré ses moteurs (certes plus légers que le moteur TGV) suspendus dans le bogie et non accroché sous la caisse ; donc il est envisageable pour la grande vitesse de "descendre" le moteur de traction dans le bogie, mais pas "n'importe comment" !
- L'efficacité d'un asservissement « passif » de l'effort vertical du pantographe avec la Vitesse. Cet asservissement suit une consigne pré-établie codée dans le système informatique de commande du pantographe.
- L'excellente tenue de l'ensemble "disques-garnitures" de freinage pour des énergies bien supérieures aux besoins estimés : effectivement, cela a permis ramener à 3 le nombre de disques par essieu du bogie porteur AGV pour le contrat NTV par exemple, ainsi que sur le futur TGV M. Les bogies porteurs TGV disposent aujourd'hui de 4 ensembles disques de frein.



- La qualité des modélisations effectuées en préparation des essais, comme par exemple la justesse de la vitesse critique de la caténaire déterminée à priori à 60 km/h supérieure à la vitesse de définition du "système" pour la campagne d'essais, soit 620 km/h pour une vitesse de dimensionnement "système" de 560 km/h.

## 12 - A chacun son record

1955 : La BB9004 et la CC7107, moteurs à courant continu, commandés par de l'électromécanique. Sur une voie « classique » et une tension caténaire de 1800 V continu.

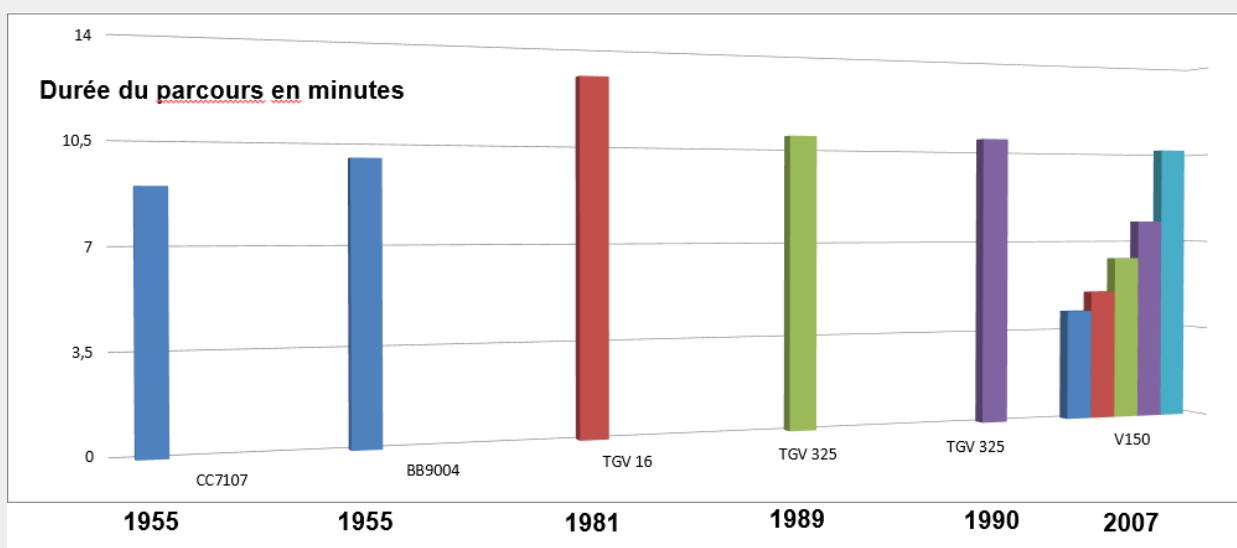
1981 : Le TGV SE, la rame 16 à moteurs à courant continu, pilotés par de l'électronique de puissance, diodes-thyristors. Sur une infrastructure nouvelle dédiée à la grande vitesse alimentée sous 29 kV monophasé.

1990 : Le TGV A, la rame 325 à moteurs synchrones pilotés par de l'électronique de puissance, diodes-thyristors. Les moteurs à courant alternatif sont alimentés par un commutateur de courant à thyristors. Infrastructure nouvelle, alimentée jusqu'à 29,6 kV en courant monophasé 50 Hz.

2007 : La rame V150, composée de 2 motrices TGV POS, d'un tronçon Duplex, avec un apport de motorisation AGV. Les moteurs alternatifs sont alimentés par un onduleur de tension à IGBT. Les motrices POS sont équipées de moteurs asynchrones, la motorisation AGV est composée de moteurs synchrones à aimants permanents.

### 12.1 - Temps de parcours pour chacun des records

Record	1955		1981	1989	1990	2007	Sardine
Temps de parcours	CC 7107 9 mn	BB 9004 10 mn	13 mn	11 mn	11 mn 23 s	12 mn	3 h 29 mn
Distance parcourue (km)	35		36	52,6	52,6	69	1067



**Figure 57** : Les records français en traction électrique. Comparaison des temps en minutes pour atteindre la vitesse record. A titre de comparaison les temps mis par la rame V150 pour atteindre les vitesses de chacun des records précédents en supposant une accélération constante depuis le point de départ : sans compter le temps de roulement jusqu'au baisser-panto du PK 255.

Document : Alain JEUNESSE

La figure 57 compare de manière simplifiée les temps de parcours de chacun des records de vitesse. Elle indique en plus le temps mis par la rame V150 pour atteindre la vitesse des records précédents en supposant une accélération constante depuis le point de départ :

- 4 minutes pour atteindre 331 km/h de mars 1955 ; 0,38.
- 40 secondes après pour atteindre le 380 km/h du TGV PSE de 1981 ; 0,34.
- le 515.3 km/h de la rame TGV A325 (1990) est dépassé 3 minutes plus tard. 0,21.

## 10.2 - Une idée des puissances captées à la caténaire

Engin	CC 7107 28/03/55	BB 9004 29/03/55	TGV SE 16 26/02/81	TGVA 325 18/05/90	V150 3/04/2007
Alimentation	Ligne classique 1500 V à courant continu		Lignes LGV 25 kV 50 Hz à courant monophasé		
Vitesse (km/h)	331	331	380	515,3	574,8
Tension caténaire	1800 V	1800 V	29 kV	29,4 kV	30,2 kV
Courant capté	4500 A	5000 A	414 Aeff	665 Aeff	776 Aeff
Puissance absorbée à la caténaire	8100 kW	9000 kW	12,0 MVA	19,54 MVA	23,435 MVA

Ce tableau rappelle l'ensemble des records de vitesse sur rail réalisés en France depuis 1955.

### **10.3 - Un record ça se construit**

Tous les essais à grande vitesse nous permettent d'apprendre, de connaître mieux le système, de valider nos méthodes de calcul, de travailler en équipe, de pousser les limites technologiques.

#### **Une méthodologie commune**

La vue d'ensemble des records de vitesse réalisés en France nous montre que : quel que soit la période, ou quelques soient les ingénieurs qui préparent ces campagnes d'essais à grande vitesse, la méthodologie semble être toujours la même.

- Tenter de se fixer un objectif raisonnable.
- Définir le domaine d'essai en vérifiant bien que ses caractéristiques sont en accord avec les objectifs à atteindre, et à les faire évoluer si nécessaire.
- Déterminer les caractéristiques aérodynamiques du train d'essai, les modifier, évaluer les gains et définir enfin la puissance de traction nécessaire.
- Définir le schéma de l'installation fixe de traction électrique adapté aux objectifs.
- Qualifier pas à pas le domaine d'essais en augmentant la vitesse progressivement.
- Définir et surveiller en temps réel tous les paramètres nécessaires à la sécurité des circulations puis analyser en temps différé les résultats avant de prendre la décision de passer à l'étape de vitesse suivante.
- Enregistrer et analyser tous les paramètres permettant d'apprendre et de faire évoluer le système.

La grande vitesse nous demande aussi de savoir freiner...



## 13 - Conclusion

---

Les résultats des essais démontrent que l'infrastructure et le matériel roulant ferroviaire recèlent encore un potentiel de vitesse important. L'augmentation possible de la vitesse commerciale induit naturellement un coût d'investissement pour l'infrastructure, qu'il s'agisse de l'alimentation en énergie et surtout du coût de la ligne dont le tracé en plan et le profil en long exigent, essentiellement pour le confort du voyageur, des courbes de plus grand rayon, et ainsi un plus grand nombre d'ouvrages : hauts remblais, viaducs, tunnels de grande section, et très vraisemblablement conduisent à la technologie de la voie sur dalle, plus chère que la voie ballastée en investissement. De même dans les coûts d'exploitation, nous ne devons pas oublier le coût de maintenance de la voie, surtout en voie ballastée si c'est le choix, mais aussi, à un degré moindre, en voie sur dalle.

Sous réserve d'un bilan économique favorable par rapport au coût par voyageur, aussi bien en terme énergétique, qu'en termes de maintenance et d'exploitation, il est possible d'imaginer des circulations commerciales à des vitesses de l'ordre de 360 km/h, voire 400 km/h.

Un record n'est pas seulement un exploit technique de l'instant, c'est aussi une accumulation de données dédiées aux générations à venir. Les retombées ainsi que l'expérience acquise ouvrent la voie vers de nouveaux matériels plus économes en énergie, plus respectueux de l'environnement comme le TGV M par exemple.

C'est aussi un partage d'émotions avec le grand public. Un record est porteur d'enthousiasme et d'émulation pour les jeunes talents.

## 14 - Les premières impressions recueillies « à chaud »

« Entre les simulations et l'exploit, il y a les hommes » Philippe MELLIER. (à l'époque président Alstom -Transport).

« Ce record est le travail d'une équipe formidable, c'est l'illustration de ce que veut dire système intégré » Jacques COUVERT (Directeur Général Adjoint à la SNCF, directeur du projet V150).

« Les circulations à 500 km/h nous ont permis de progresser dans la connaissance du comportement de l'infra ferroviaire » Alain CUCCARONI.

« Nous avons roulé dans des conditions extrêmes pour des organes de série » François LACÔTE.

« Nous avons exploré le domaine des 500 km/h en toute confiance » Jacques COUVERT.

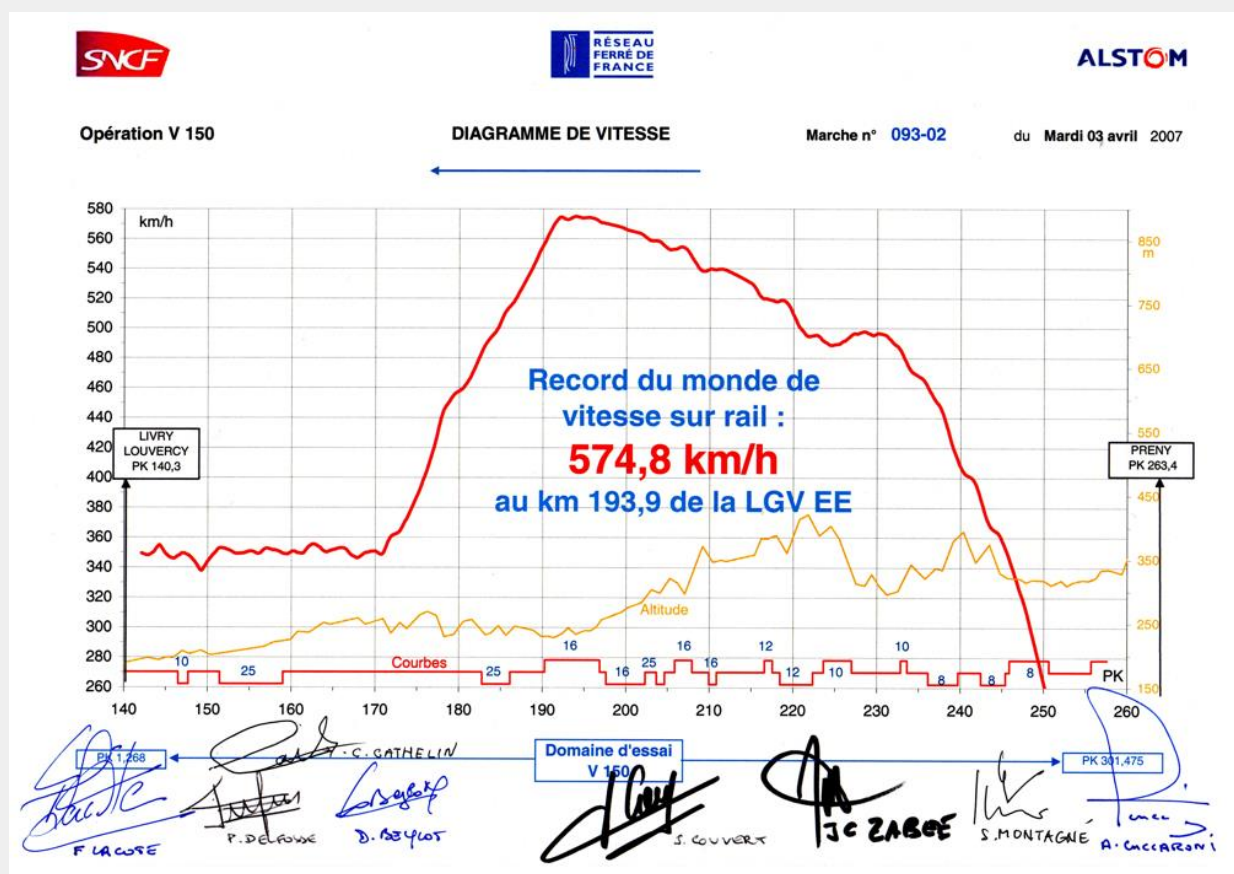
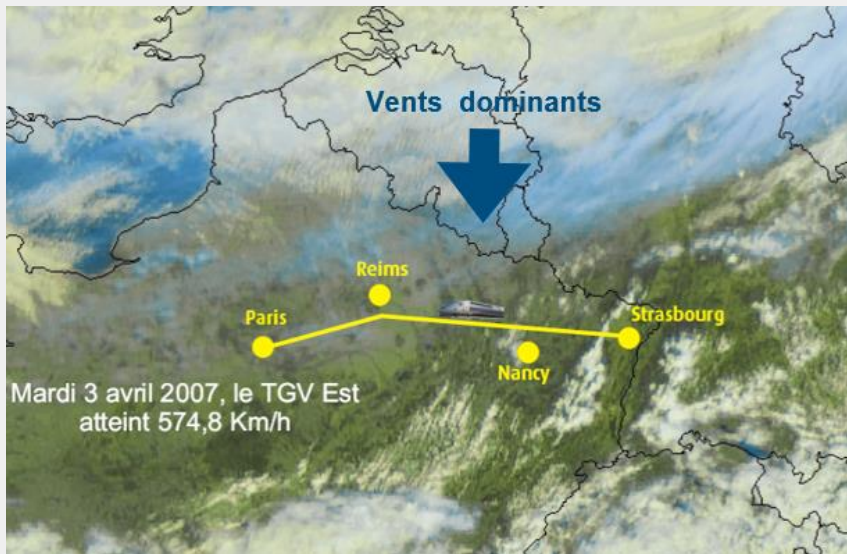


Diagramme de vitesse officiel du record du monde sur rail de la rame V150.

EOLE était avec la V150 ce 3 avril 2007 ! la carte météo présentée figure 58 montre la présence de nuages et de brumes au nord et au sud de la LGV Est Européenne. Le vent dominant de secteur nord n'a pas pénalisé « la marche record ». Cette météo favorable a été un bonheur pour les photographes, les caméramans, les spectateurs massés le long de la voie et sur les ponts enjambant la ligne.



**Figure 58** : Image révélatrice des conditions météo favorables sur la LGV EE.

EOLE était avec la rame V150 !

Document : Météo France

## La LGV Est Européenne fut mise en service commercial le 10 juin 2007...



Image sympathique et très symbolique, figure 59 d'une rame TGV POS qui circulera vers Strasbourg sur la ligne nouvelle LGV Est Européenne en service commercial à 320 km/h à côté de la Crampton 80 qui a également emprunté la ligne nouvelle de Paris à Strasbourg..., mais ce fut en 1849, comme l'indique le « clou » du PK 0 en gare de Paris Est.

**Figure 59** : Une belle histoire ! La Crampton 80 échappée de la Cité du Train accompagne une rame POS sur la nouvelle ligne à Grande Vitesse Est Européenne

Photo : Jean-Jacques D'ANGELO

Merci à Jean-Jacques D'ANGELO qui avec son regard d'expert, nous offre une superbe collection de clichés relatant au sein des équipes tous ces instants fabuleux quelques fois dans la peine mais souvent dans l'émotion et le plaisir d'avoir relevé le défi !



La *figure 60* nous permet de saluer presque tous les participants à cette aventure humaine. Merci à tous.



**Figure 60** : La joie partagée par tous les acteurs qui ont relevé le défi, réunis sur le ballast devant la rame V150

Photo : Jean-Jacques D'ANGELO

## Une belle aventure humaine



**V150 - Construction d'un record**



Photos : Jean-Jacques D'ANGELO



## 15 - Témoignages

### Daniel BEYLOT

Je vais narrer quelques anecdotes qui m'ont marqué durant l'épopée que nous avons vécue avec ce Projet V150. Choisir quelques histoires est une opération assez délicate en ce sens que cela a été une période tellement intense et formidable que choisir l'une plutôt que l'autre n'est pas aisé et c'est forcément subjectif, avec des motivations sans doute plus humaines que techniques et qui peuvent paraître anodines, voire bénignes pour quelqu'un qui ne les a pas vécues.

Permettez-moi d'abord de me présenter. Je m'appelle Daniel BEYLOT. Après mes études d'ingénieur, il ne m'était pas pensable de faire autre chose que devenir Cheminot. J'entre donc au Réseau Nord où, pendant quatre ans, je travaille en établissement pour tenir différents postes permettant de me familiariser avec toutes les facettes du Matériel et de la Traction : grands ateliers Voitures, grands ateliers Locomotives, atelier de dépôt, conduite, « feuille ». En 1977, je suis muté à la Direction du Matériel, Département Essais, Division Dynamique Ferroviaire. D'abord Chef d'Essais pendant quatorze ans, je réalise des essais de wagons, puis de voitures, puis de locomotives, autorails, automotrices puis de TGV. Je termine cette période par la participation au Record du monde de vitesse de 1990. Je continue à gravir les échelons pour finir responsable de l'Activité Dynamique Ferroviaire et Acoustique à l'AEF (*Agence d'Essai Ferroviaire, nouvelle appellation du Département des Essais depuis l'an 2000*).

C'est à ce poste qu'à l'automne 2005, un jeudi soir, Pierre DELFOSSE me téléphone...



Il commence par me dire : « Est-ce que Bruno COZZI (le Directeur de l'AEF de l'époque) vous a parlé d'un projet secret, très très secret ? ». Très rapidement, je retourne par la pensée la bonne vingtaine de dossiers que j'ai en cours, mais rien, je ne trouve rien et je me dis que j'ai dû zapper quelque chose... Je réponds donc un peu hésitant : « Bin... non ! ».

Pierre DELFOSSE commence alors à m'expliquer : « Eh bien on va préparer une opération comme ce que nous avons fait avec la 325 mais ça ne sera pas la 325 et ça ne sera pas non plus sur la LGV-A. Vous comprenez ? ». Alors là ça fait « tilt », je réponds oui sans hésiter.



Et il continue : « C'est pour cela que je fais appel à votre mémoire : pouvez-vous me lister les points critiques que nous avons eu pour la préparation de la rame en 1990 ? Pour dans une dizaine de jours, ce serait bien. ».

On échange ensuite sur le sujet, il me donne quelques explications supplémentaires et finit par cette question : « Vous serez où au printemps 2007 ? ». Je réponds que je serai en retraite et le dialogue s'enchaîne :

« - vous êtes sûr ?

« - oui.

« - vous êtes bien sûr ?

« - oui.

« - bon... ». Puis nous nous saluons.

Je rentre chez moi le soir complètement effondré : « ils » vont faire un nouveau record et je n'aurai pas l'occasion d'y participer... Mais on dit que la nuit porte conseil et justement le lendemain matin, je téléphone à Pierre DELFOSSE pour lui préciser que si je reste à l'AEF je serai effectivement en retraite en 2007 mais s'il a un poste à me proposer pour cette Opération je suis prêt à y réfléchir. Sa réponse résonne encore dans mon esprit : « ah mais c'est possible... tout à fait possible. Je vois le Directeur (*du Matériel, Denis MARTIN*) lundi et je lui en parle. »

Effectivement, dès le lundi dans la matinée, Christian CATHELIN m'appelle pour me voir le plus rapidement possible et c'est là qu'on me propose le poste de Chef de Projet que j'accepte bien évidemment sur le champ. C'est ainsi que j'entre dans la Grande Aventure ! Je me suis rendu compte après coup que Pierre DELFOSSE m'avait fait un superbe appel du pied : sans me le dire ouvertement, il m'avait incité à proposer mes services. On reconnaît bien là la finesse du personnage.

Une autre anecdote se passe en février ou mars 2007. Après une journée de circulations à très haute vitesse, vers 20 h je quitte la rame, garée au technicentre de l'Ourcq. Alain Jeunesse est avec moi, nous prenons le métro à la station Église de Pantin sur la ligne 5. À cette heure de la journée, il y a peu de monde et le métro roule vite... pour un métro ! Et lors d'une « pointe de vitesse », Alain me dit : « Cet après-midi, on a roulé dix fois plus vite et on était dix fois moins secoué ! ». Nous partons dans un éclat de rire mais ma station de correspondance arrive et nous nous donnons rendez-vous pour le lendemain matin aux aurores à l'Ourcq.

Nous sommes maintenant le 28 mars. Depuis le début des circulations, nous avons déjà fait une petite vingtaine de marches à vitesse égale ou supérieure à 500 km/h. Nous réalisons la marche de l'après-midi. La montée en vitesse est conforme à l'habitude. Nous arrivons à 500 km/h à l'approche de la gare Meuse ; 504, 505 puis la vitesse accuse une légère chute dans la courte rampe qui suit et remonte à 504, 505, 506.



Soudain une gerbe de chocs crépite sous la caisse. Mon taux d'adrénaline monte en flèche. L'ouïe est en alerte mais plus rien, plus aucun bruit anormal sauf le ressenti d'un freinage. Dans le labo du haut, Vincent DZIEPAK, notre « freiniste » annonce en le découvrant, qu'on freine en pneumatique. Pierre DELFOSSE réagit immédiatement et dit à la cantonade, mais d'un ton impératif qu'il ne faut pas utiliser le frein pneumatique. Aussitôt, par notre liaison sono, j'interroge Jojo PINQUIÉ en cabine. En tête, ils n'ont rien vu, rien entendu. Je demande à Jojo de se limiter à un freinage électrique, il me répond en me demandant de relever mon BP-Urg. Ma pensée va alors à une vitesse folle : je comprends qu'en cabine, ils voient le manomètre CG à 0 et pensent que j'ai déclenché un freinage d'urgence. Ce n'est donc ni eux ni moi qui en sommes à l'origine, cela est donc forcément lié aux chocs que nous avons entendus... La situation est d'autant plus inquiétante que pour un freinage d'urgence, nous ne ralentissons pourtant pas très fort... Et pour couronner le tout, dans le labo, par la caméra du poste de mesures « frein », nous voyons d'abord une gerbe d'étincelles circulaire naissant de la garniture et tournant sur le disque de frein puis le disque lui-même se met à rougir. L'inquiétude nous gagne tous au labo et nous attendons l'arrêt avec une impatience palpable. Nous marquons enfin l'arrêt au bout d'un temps qui paraît une éternité. En fait, cette éternité a duré 3 minutes et 41 secondes, sur 16,2 km ! Ironie du sort, nous sommes arrêtés au km 191, zone qui aurait dû être celle de notre vitesse maximale et c'est la raison pour laquelle une vingtaine de personnes est là, derrière le grillage, qui espérait nous voir passer... très très vite ! Sur le coup, ce n'est pas très glorieux pour nous mais a posteriori, nous nous rendons compte que nous venons déjà de réaliser un record du monde : celui d'un freinage d'urgence à 500 km/h !

Une fois arrêtés, nous recherchons la cause de cet incident et nous en découvrons rapidement l'origine. Pour la mesure des forces d'interaction au contact roue-rail, des gauges de contrainte sont collées sur la toile des roues concernées. Afin de protéger ces gauges, notamment de chocs avec des morceaux de ballast, des flasques en fibres de verre recouvrent toute la toile de roue, à l'extérieur et à l'intérieur. Et c'est précisément l'un de ces flasques qui a éclaté sous l'effet de la force centrifuge et d'un défaut d'équilibrage ; les éclats sont à l'origine des chocs entendus sous caisse et l'un d'eux a percuté et cassé la conduite générale de frein.

Pendant tout ce temps, dans la remorque 1, nous avons des invités qui ont eu une forte frayeur aussi, différente de la nôtre mais bien réelle quand même. Ils ont d'abord entendu des chocs et des vitres extérieures de quelques baies ont été cassées. Puis pendant le ralentissement, une assez forte fumée est remontée provenant de différents équipements de mesure qui n'ont pas résisté à la chaleur... leur faisant croire à un début d'incendie !

Cette fois, c'est le jour J, le 3 avril 2007. Connaissant de par mon expérience la loi de l'emm... maximum, aussi appelé loi de la tartine, j'avais organisé la journée de façon que nous soyons prêts au départ une demi-heure avant l'heure théorique pour parer à toute éventualité telle que :

- animal errant sur les voies ; le 18 mai 1990 par exemple, nous étions partis pour la marche du record avec une demi-heure de retard à cause d'un gros gibier repéré dans le domaine d'essai ;
- capteur ou élément de la chaîne de mesure à remplacer, ce qui m'est arrivé moult fois, voire dépannage de la rame ;
- etc., etc. ...

Et ce jour-là, tout « baigne », nous sommes prêts à 12 h 30 pour un départ à 13 h afin de coïncider avec le démarrage du « JT » où la tentative doit passer en direct. Nous avons donc une demi-heure à attendre pendant laquelle chacun est à son poste, les échanges sont brefs et peu nombreux, l'atmosphère est très « studieuse »...

Dans le « labo du haut », nous avons l'honneur d'avoir parmi nous Jean Dupuy qui a répondu à notre invitation. Jean Dupuy, retraité, ancien Directeur du Matériel puis Directeur Général Adjoint, est le vrai père du TGV, à commencer par le fait que le TGV est une rame articulée. C'est sans doute la personne qui parle le plus dans le labo, n'étant pas vraiment concerné par la réalisation de la marche, il nous détaille sa joie d'être à bord. Il nous précise que s'il devait mourir lors de cette marche, ce serait la plus belle mort qu'il puisse imaginer ! Alors là, je peux vous dire qu'instantanément, l'atmosphère devient subitement glaciale. Personne ne pense à ça... ou tout au moins personne n'en parle !

Nous aussi nous sommes très fiers d'être à bord mais nous avons fermement l'intention d'arriver entiers dans une rame entière ! Cette atmosphère plombée perdure pendant un temps qui nous paraît bien long. Pourtant il ne dure que quelques minutes car il est rapidement temps pour moi de finaliser les procédures de départ et chacun, absorbé par sa tâche, oublie vite ces funestes pensées.

Et c'est le départ de la marche dont la renommée fera le tour du monde et qui restera pour nous le point d'orgue d'une merveilleuse aventure gravée à tout jamais dans nos mémoires.

*Daniel BEYLOT*

## Olaf MALASSÉ

---

Au départ, beaucoup de bruit médiatique, dont on est finalement saturé. Puis, on daigne regarder parce que le ferroviaire intéresse. Et, on se prend à s'y intéresser vraiment : voir une rame filer à ces vitesses avec ces effets de souffle au passage des ouvrages, entendre le bruit aérodynamique monopoliser l'écoute, voir ces images de la cabine de conduite où l'on devine la sécheresse des dynamiques de caisse et, la concentration et la sérénité des personnes à bord. Oui, cela impressionne réellement, émotionnellement et fait vibrer en nous une certaine fibre française : c'est notre technologie, nos ouvriers, nos techniciens et nos ingénieurs qui ont produit cette performance. Inconsciemment, une partie du peuple de France fait communion, partage une certaine fierté, c'est si rare.

Le record passé, c'est l'assurance de l'intégration prochaine de cet Est français au réseau LGV, longtemps attendu. La banalisation du 320 km/h, la perte de la flexibilité qu'autorisait ces vénérables rames Corail, comme souvent l'habitude nous empêche d'apprécier à sa juste valeur notre quotidien. Et pourtant, tous les jours, en toute sécurité, ces trains nous transportent à travers la France et l'Europe, sans impression de performance, rendant transparente l'organisation humaine et technologique s'employant à ce petit miracle !

Et puis, au hasard de rencontres professionnelles, j'établi de sympathiques contacts avec des hommes et des femmes passionnés, d'évidence compétents et d'un naturel suffisamment humble pour les considérer rapidement comme des amis. Ils sont « partageux », je découvre leurs métiers, leurs implications dans le projet V150. Enseignant-chercheur sur le campus ENSAM de Metz, avec une partie de l'équipe de ce fameux record, se construit un corpus de conférences touchant de nombreux domaines des sciences et techniques impliquées dans cette performance. De nombreux ingénieurs du CIM-SNCF (Centre d'Ingénierie Matériel) feront durant plusieurs années le déplacement, ainsi que d'autres appartenant à la famille cheminote (autres services SNCF, Alstom). De ces conférences, on retient le professionnalisme dans l'ingénierie du record : oui, un record c'est avant tout un projet industriel. La présentation d'un Alain JEUNESSE sur la conception et l'exploitation de l'expérience Record est éclairante et, d'un didactisme la rendant accessible à tous. C'est aussi l'occasion de revoir les images de la rame 4402, d'être impressionné par la fluidité du contact roue/rail, la qualité du captage... en opposition d'avec la fureur des sensations aérodynamiques, de bénéficier de l'éclairage des acteurs du record sur les problèmes qu'il leur a fallu résoudre. Comprendre l'impact de l'expérience sur le corpus de connaissance et validation des modèles utilisés, avoir la révélation d'une aventure humaine où la valeur d'un travail d'équipes mêle intimement métiers et hiérarchie.

Le cercle de ces amitiés induit un phénomène centrifuge et, un jour je rencontre en voisin un monsieur vivant tranquillement en banlieue messine ancien conducteur d'essais et qu'à ce titre a parcouru presque toutes les lignes ferroviaire françaises et quelques autres. Par modestie, comme les autres, il ne m'a pas immédiatement avoué qu'il avait été le conducteur de ce record, mais comme les autres il en était, sans arrogance aucune, très fiers. Si la technologie ferroviaire m'a très tôt intéressée, par ses volumes et les masses transportées, l'humanité de la famille cheminote est une formidable expérience qui donne envie d'être partagée.

*Olaf MALASSÉ*





## Club de la Grande Vitesse Ferroviaire

Hall C - Résidence Le Parc des Cèdres  
21 rue Auguste Bosc  
30900 Nîmes

[www.cgvf.fr](http://www.cgvf.fr)

[contact@cgvf.fr](mailto:contact@cgvf.fr)



[facebook.com/CIFbyCGVF](https://facebook.com/CIFbyCGVF)



06.08.07.36.62