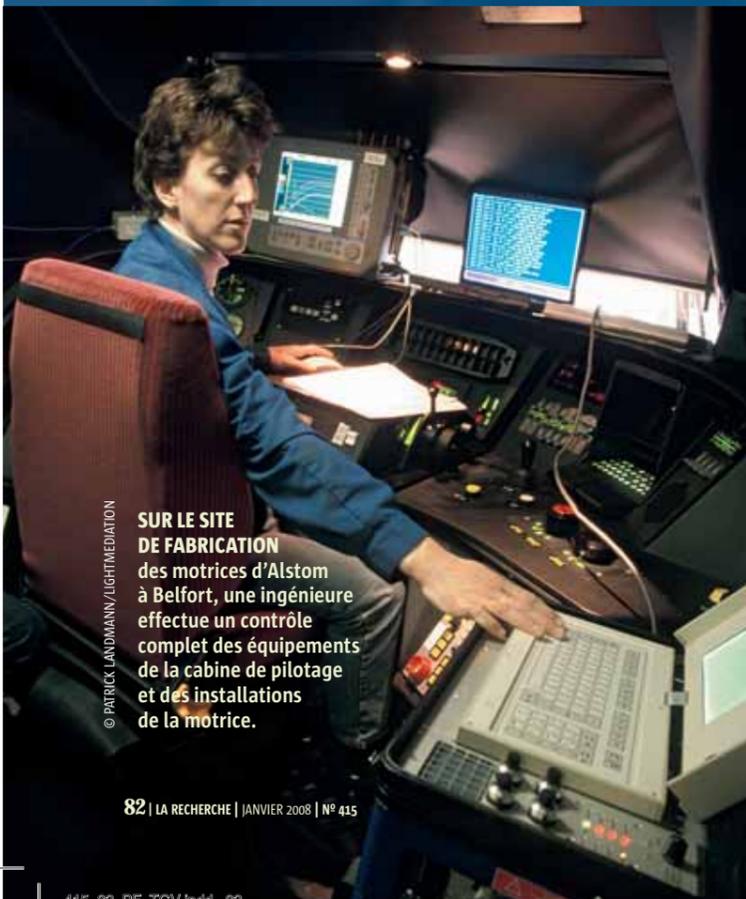




# Un laboratoire à

# 57

Le record de vitesse sur rail battu au printemps 2007 par un TGV un peu transformé a couronné une campagne d'essais à plus de 500 kilomètres à l'heure. Objectif: mieux comprendre les phénomènes physiques mis en jeu à ces vitesses.



© PATRICK LANGMANN/LIGHTMEDIATION  
**SUR LE SITE DE FABRICATION** des motrices d'Alstom à Belfort, une ingénieure effectue un contrôle complet des équipements de la cabine de pilotage et des installations de la motrice.

82 | LA RECHERCHE | JANVIER 2008 | N° 415



© PHOTOS SNCF - CAN - AFP - ALSTOM / SNCF - FABRICO LE ROQUE

1 AN DE SCIENCE  
→ Portfolio

# 574,8 kilomètres à l'heure

Cécile Michaut  
est journaliste scientifique

LE PUBLIC A PU ASSISTER à la tentative de record de vitesse du TGV le 3 avril dernier sur la nouvelle ligne à grande vitesse Paris-Strasbourg. Record qui s'est finalement établi à 574,8 kilomètres à l'heure, après une campagne d'essais de sept semaines.

## 1 AN DE SCIENCE → Portfolio

**L**e 3 avril dernier, une rame du TGV a atteint 574,8 kilomètres à l'heure sur la toute nouvelle ligne à grande vitesse entre Paris et Strasbourg. Elle battait ainsi le record de vitesse pour un train conventionnel sur rails, établi le 18 mai 1990 à 515,3 kilomètres à l'heure par une autre rame de TGV, sur la ligne Paris-Bordeaux.

Cet événement est évidemment un remarquable coup médiatique et commercial. Mais il a surtout été accompagné d'une campagne d'essais de sept semaines au cours de laquelle les ingénieurs ferroviaires ont poussé le train et les infrastructures dans leurs retranchements. Ils ont ainsi testé des idées techniques, et mis à l'épreuve leurs modèles numériques des phénomènes aérodynamiques, acoustiques, vibratoires et électriques qui se produisent à ces vitesses. Le but: faire progresser la rapidité, la sécurité et le confort des futurs TGV.

### Rails neufs

Pourquoi s'est-il écoulé dix-sept ans entre le précédent record et celui du 3 avril? Tout simplement parce que rouler à plus de 500 kilomètres à l'heure nécessite que les rails soient en très bon état, neufs de préférence. On ne peut donc le faire que sur une ligne nouvelle, qui n'a pas encore été exploitée commercialement. Dans le cas présent, les petites imperfections de surface dues à l'écrasement du ballast\* ont en outre été supprimées par meulage. «*La qualité des voies était telle que le confort lors du record était pratiquement égal à celui que l'on trouve sur un service commercial à 320 kilomètres à l'heure, souligne Georges Palais, chef de ce projet chez Alstom Transport. Lors du passage des aiguillages à plus de 500 kilomètres à l'heure, nous étions, par exemple, largement au-dessous des seuils de sécurité pour les accélérations transversales.*»

Disposer d'une ligne inutilisée présente un autre avantage: les essais peuvent durer. Avant de s'attaquer au record, le train a ainsi circulé chaque jour pendant plus de sept semaines, augmentant peu à peu sa vitesse.



© SNCF - GAV - RFF ALSTOM SNCF FABBRO LEVEQUE RECOURA

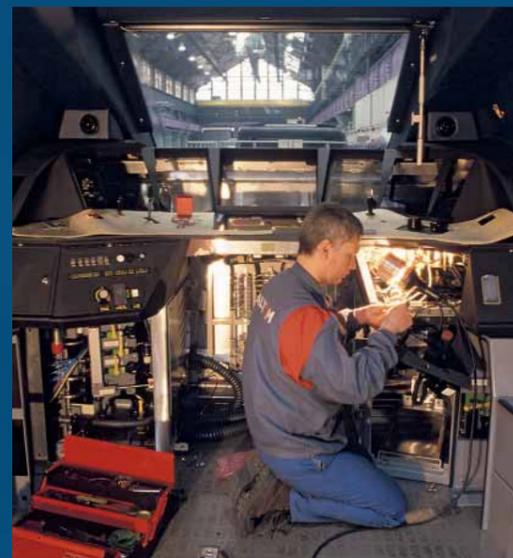
**Le train a circulé en augmentant peu à peu sa vitesse... jusqu'au record**

\* Le ballast est le lit de gravier qui soutient les rails des chemins de fer.

**LES MOTEURS DE TGV** (photo du bas) sont fabriqués à Ornans, dans le Doubs. La descente du rotor de 730 kilogrammes dans le stator est une opération particulièrement délicate, contrôlée par un monteur.

**LES BARRES EN CUIVRE** (ci-contre) sont façonnées aux dimensions du stator. Elles sont ensuite entourées de rubans isolants. Un bobineur monte les 63 bobines dans les encoches du stator. La fabrication de chaque moteur de TGV demande 280 heures de travail.

**CI-DESSOUS**, un technicien raccorde le coupleur radio dans la cabine de pilotage.



© PHOTOS PATRICK LANDMANN/LIGHTMEDIATION





La caténaire\* aussi doit être dans un état particulier. Sa tension a été augmentée à près de 40 kilonewtons (comme si une masse de 4 tonnes tirait sur le fil), contre 28 à 30 kilonewtons habituellement. Les vibrations des lignes au passage du train ont de cette façon été réduites, ce qui a éliminé les pertes de contact avec les pantographes\*, à l'origine de petites ruptures d'alimentation électrique, et donc de pertes de puissance.

### Rame dopée

Le train lui-même était constitué en partie d'éléments identiques à ceux qui circulent aujourd'hui sur la ligne Paris-Strasbourg. Les deux motrices étaient des locomotives standard mises au point par Alstom pour le TGV-Est, et elles sont aujourd'hui en service sur la ligne. De même, deux des trois voitures situées entre ces motrices transportent aujourd'hui des passagers. Il ne s'agissait toutefois pas d'une rame complètement normale : elle avait été « dopée » pour développer davantage de puissance, et être plus légère et plus aérodynamique. La réduction du nombre de voitures de huit à trois a permis de réduire la masse totale. Par ailleurs, l'aérodynamisme a été optimisé, par le carénage de certains équipements de toi- 🍏

\* La **caténaire** est la ligne électrique aérienne destinée à l'alimentation des trains.

\* Le **pantographe** est le dispositif articulé sur le train, relié à la caténaire, destiné à capter le courant.

## 1 AN DE SCIENCE

### → Portfolio

\* L'automotrice à grande vitesse est un projet de train pour lequel la motorisation est répartie sur l'ensemble des rames et non concentrée dans la motrice.

ture et de dessous de caisse. Au total, la résistance à l'avancement a été réduite de 15%. Le diamètre des roues a aussi été augmenté, de 920 à 1 092 millimètres, afin d'accroître la distance parcourue à chaque tour, et de réduire ainsi la vitesse de rotation des moteurs.

Enfin, la puissance de ces derniers a été augmentée pour atteindre 19,6 mégawatts au total, contre 9,3 pour un TGV classique. La rame du record combinait en fait deux technologies: celle du TGV, dans laquelle la motorisation est concentrée sur les motrices, et celle de l'automotrice à grande vitesse\* (AGV), dont les équipements de traction sont répartis sur chaque voiture. Alstom profitait ainsi de l'occasion pour exhiber son AGV, qu'il souhaite à présent commercialiser.

### Campagne d'essais

Toutes ces adaptations n'ont pas été faites dans le seul but de battre un record. Celui-ci n'est que la partie visible d'une large campagne d'essais sur les trains et les infrastructures. Objectif: mieux comprendre tous les phénomènes physiques mis en jeu lorsqu'on atteint de telles vitesses. Plus de 600 capteurs étaient installés à bord, d'autres sur les rails, le sol ou la caténaire.

Ainsi, des accéléromètres disposés verticalement, transversalement et longitudinalement sur les bogies\* permettaient de tester le comportement de celles-ci selon la vitesse, et notamment les vibrations transversales. Des analyseurs de puissance électrique développée et de courants absorbés indiquaient la performance du captage du courant par le pantographe.

Des capteurs acoustiques, à l'intérieur mais aussi à l'extérieur du train, mesuraient l'évolution du bruit en fonction de la vitesse, ainsi que l'efficacité de murs antibruit formés de différents matériaux et disposés le long de la voie. Malgré les progrès en acoustique, le TGV reste bruyant, notamment aux grandes vitesses, où le bruit aérodynamique (dû à l'écoulement de l'air le long du train) est prépondérant. Des capteurs sur les voies et sur les caténaires mesuraient leurs vibrations au passage du train. Enfin, les ondes de pression sur les parties de motrices les



© PATRICK LANDMANN / LIGHTMEDIATION

### Plus de 600 capteurs étaient installés à bord, d'autres sur les rails, le sol et la caténaire

\* Un bogie est un chariot situé sous la locomotive ou les wagons d'un train, sur lequel sont fixés les essieux.

plus sollicitées (essentiellement le carénage avant) ont été étudiées. « Nous testons ainsi nos modèles aérodynamiques, pour vérifier qu'ils sont toujours valables au-delà de 500 kilomètres à l'heure », indique G. Palais. Ces modèles sont bien sûr testés en soufflerie, mais à des échelles réduites, et des essais en vraie grandeur restent indispensables. Certains paramètres n'évoluent pas tout à fait comme prévu. Ainsi, le bruit aérodynamique augmente-t-il moins qu'on ne le pensait lorsque la vitesse croît.

### Grande consommation

Un tel record sera-t-il transposé sur des trains commerciaux, aujourd'hui limités à 320 kilomètres à l'heure? Pour l'instant, la réponse est négative. La résistance de l'air à l'avancement du train augmentant comme le carré de sa vitesse, la consommation d'énergie devient rapidement trop élevée, même avec une optimisation de l'aérodynamisme. Par ailleurs, un TGV roulant à 500 kilomètres à l'heure a besoin de voies de très bonne qualité, voies qu'il use et déplace plus que les trains plus lents. Il faudrait donc entretenir celles-ci beaucoup plus souvent, ce qui augmenterait encore la facture. De même, la caténaire s'use à cause du frottement de la bande au contact du pantographe, et là encore, la maintenance serait beaucoup plus fréquente. Enfin, l'onde de pression générée lorsque deux

**LES VOITURES SONT FABRIQUÉES** à Aytré, près de La Rochelle. Le soudage des renforts sur le châssis est réalisé à la main (à gauche).

**LES FACES DES VOITURES** (ci-contre) sont usinées sur une fraiseuse à portique de 56 tonnes. On voit ici la préparation de l'assemblage de l'une des extrémités, qui sera posée sur un bogie lors du raccordement des voitures.

**L'INTÉRIEUR DU NEZ** du TGV, en résine, est vérifié avant le montage (ci-dessous), sur le site de production des motrices, à Belfort.



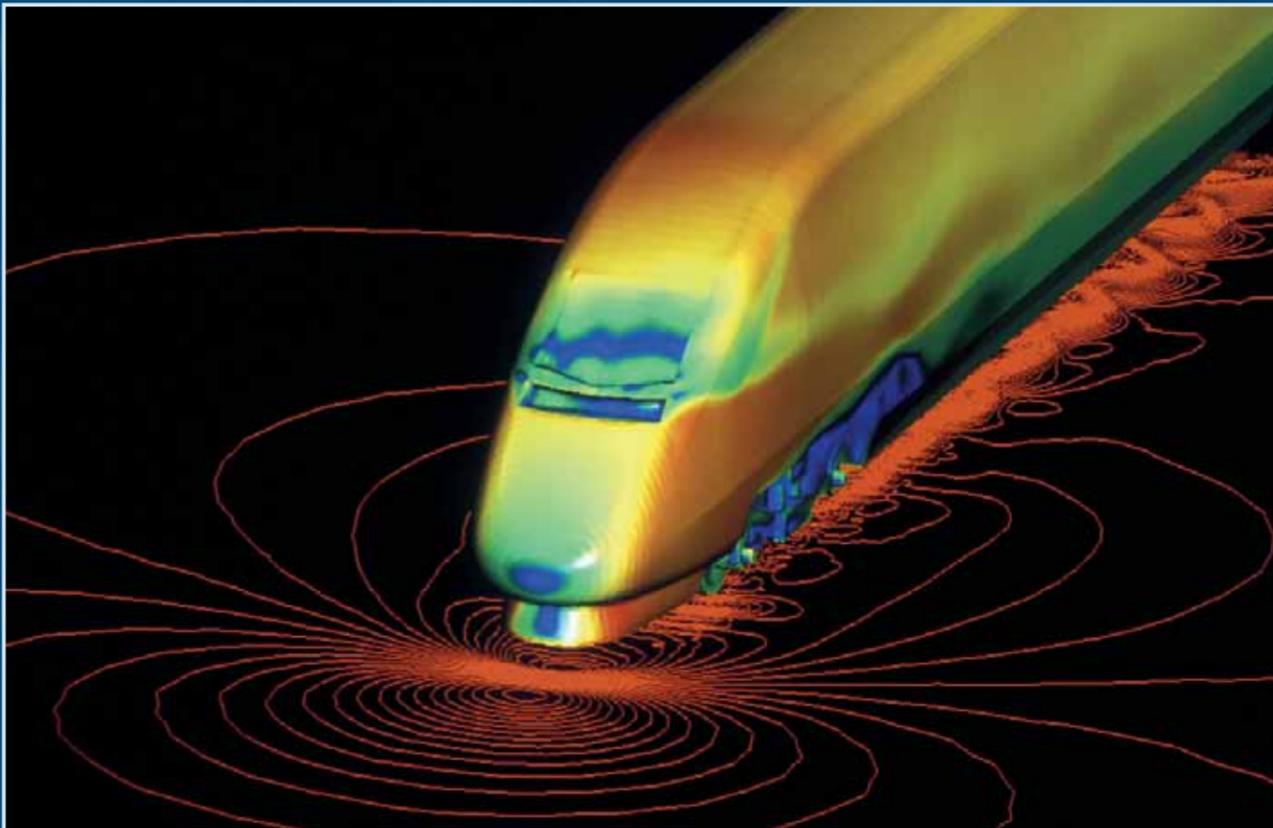
trains se croisent est proportionnelle à la vitesse de croisement au carré, et serait donc particulièrement élevée si deux trains se croisaient à plus de 500 kilomètres par heure, avec des conséquences néfastes sur les infrastructures.

Par ailleurs, tous les perfectionnements apportés au TGV du record ne peuvent pas se retrouver sur les rames commerciales, là encore pour des questions de maintenance. Toutefois, certaines améliorations, comme les « bavettes » entre les voitures, destinées à diminuer les aspérités, ou les carénages sous le châssis, pourraient facilement être ajoutées. « *Les tests lors du record nous permettent de voir quelles sont les sources majeures de traînée aérodynamique, qui ralentit le train, donc de fixer les priorités pour diminuer cette traînée* », précise G. Palais.

Depuis la naissance du TGV, sa vitesse commerciale est passée de 260 à 320 kilomètres à l'heure grâce à de telles améliorations. Prochaine étape : 360 kilomètres à l'heure. « *On pourrait atteindre cette vitesse commerciale dès la prochaine décennie* », indique G. Palais. La future ligne Paris-Bordeaux-Toulouse, dont la construction n'est toutefois pas encore décidée, pourrait être le théâtre de ce nouveau record, accessible à tous cette fois. ■■ C. M.

© SNCF - CAV - REF ALSTOM SNCF FABBRO LEVEQUE RECOURA

**SIMULATION DES ÉCOULEMENTS D'AIR** autour d'une rame de TGV circulant à grande vitesse (ci-dessous) : les essais effectués à l'occasion du record de vitesse ont permis de valider les modèles aérodynamiques.



© PHOTOS PATRICK LANDMANN/LIGHTMEDIATION