

# Essais, modifications et homologation de l'ICE 3



■ Frank PANIER,  
Directeur du département Technologie et Ingénierie GV (TFT 14), DB Technik/Beschaffung

*La SNCF et la DB s'apprêtent à débiter l'exploitation commerciale de Rhealys, cet été, sur la LGV Est. Les rames ICE 3 se partageront alors le service avec les nouvelles motrices TGV POS et leurs "tronçons" Réseau modifiés. L'aboutissement d'un marathon pour leur homologation sur les voies françaises.*

**D**ÉMARRÉS en 1999, les processus d'homologation se sont poursuivis jusqu'au début 2007. Avec quelques interruptions entre-temps, de façon à réaliser les modifications techniques et améliorations nécessaires pour y parvenir mais aussi garantir des performances satisfaisantes dans les conditions d'exploitation spécifiques à la France.

Au bout du compte, les trains auront passé 57 semaines d'essais sous caténaire 25 kV française, sur ligne classique comme sur LGV. Ces essais ont été effectués avec une rame ou deux en unité multiple. Deux trains ont été progressivement adaptés pour effectuer les essais et réaliser les validations.

Ces essais ont fait intervenir des cheminots SNCF mais également des collaborateurs de l'Agence d'Essais Ferroviaire, d'Eurailtest, de la DB et des fabricants des dites rames. Il n'a pas suffi de tester les trains eux-mêmes. Des efforts importants ont été consentis pour vérifier de façon pratique la résistance aux chocs des ICE 3, un point auquel la

SNCF et les autorités françaises accordaient une attention toute particulière. Autre facteur – et non des moindres! – ayant influencé le processus, l'homologation et l'agrément des ICE 3 pour le réseau ferré belge qui ont dû être menés en parallèle et en utilisant les deux rames modifiées.

## Conditions d'essai et infrastructures

Après la première définition d'un programme d'essais suivant les conditions d'agrément de l'époque (fournies par la SNCF fin 1999), il a été décidé de séparer les essais proprement dits en deux groupes, avec l'objectif que tout soit terminé pour la fin 2002. Les évolutions du dossier ont conduit en réalité à trois grandes campagnes d'essais en France, suivies par les marches d'homologation (réalisées aussi en deux temps), l'obtention d'un premier train modifié et entièrement conforme, suivi du reste de la série avant l'été 2007.

La première campagne d'essais a été entreprise par la DB et la SNCF en 2001 sur la ligne classique de la plaine d'Al-

sace, entre Strasbourg et Mulhouse. Un équipement KVB expérimental, spécialement modifié pour s'intégrer dans l'univers technique de l'ICE 3, avait été monté sur la rame. Tous les paramètres caractéristiques indispensables à un bon comportement du train sur l'infrastructure française ont été observés, grâce à des instruments de mesure installés le long du train. Le comportement des pantographes était par exemple étroitement surveillé grâce à des caméras. La sécurité du roulement était suivie sur un écran qui collectait les données d'un réseau d'accéléromètres. La compatibilité électromagnétique était contrôlée par des équipements de mesure à bord du train et au bord des voies.

C'est dans ces conditions que l'ICE 3 a fait connaissance avec les voies et les caténaires françaises... et que les experts ferroviaires français ont fait connaissance avec lui. La DB et le consortium allemand des constructeurs du train ont acquis des connaissances et une expérience précieuses pour connaître les caractéristiques à



prendre en compte et les équipements à développer dans la perspective d'une exploitation future en France. Mais la DB y a également trouvé une confiance et une conscience de ses propres possibilités, formant une base solide pour les entreprises et les défis qui allaient suivre.

Au deuxième semestre 2002, la SNCF et la DB ont mené ensemble des essais sur infrastructure à grande vitesse. C'est la LGV entre Lille-Europe et Calais-Fréthun qui a été choisie comme base d'essais. Un récapitulatif complet des marches et du calendrier des essais figure sur le tableau ci-contre.

La plage de vitesses de tous ces essais s'étendait de 50 à 353 km/h, selon la ligne utilisée et l'objectif poursuivi. Au moins a-t-on pu s'assurer que la rame pouvait être autorisée à une vitesse commerciale de 320 km/h en France. Comme les ICE 3 sont conçus pour, et autorisés à circuler à 330 km/h en Allemagne, il n'y avait aucun doute sur l'aspect strictement technique. Les essais dynamiques et les essais de freinage ont été réalisés à la fois avec la rame vide (mais en ordre de marche) et avec la rame lestée (pour simuler sa pleine charge).

### Objectifs et résultats des essais, aspects techniques

**Sécurité du roulement** – Suivant les mesures effectuées lors des essais, la rame présentait toutes les caractéristiques souhaitables sur les lignes classiques et sur les LGV parcourables en France. La campagne d'essais la plus spectaculaire, en 2003, a consisté en dix jours de marches à des vitesses atteignant 353 km/h. Il reste encore à effectuer une validation pour la circulation à 200 km/h sur ligne classique (une configuration que l'on rencontrera à la sortie de la LGV, à Vaires), c'est-à-dire avec des marches à 220 km/h. Une particularité qui n'avait pas été identifiée lors de la préparation du programme d'essais, il y a plusieurs années, qui s'était donc cantonnée à une exploitation "normale" à 160 km/h. Ces dernières marches d'essai auront lieu du 13 au 15 mars prochains entre Nantes et Sablé.

### Qualité et sécurité du captage et de l'alimentation

– Les trains sont équipés de deux jeux de trois pantographes chacun. Ceux-ci sont configurés pour être utilisables sous les quatre principales tensions (continues et alternatives) existantes en Europe. L'optimisation du positionnement des pantographes et du contrôle des forces d'interaction entre le pantographe et les différents types de caténaires, est une tâche qui se transforme parfois en une re-

ICE 3 M – ESSAIS ET PRINCIPALES LIGNES PARCOURUES EN FRANCE		
Strasbourg-Mulhouse	"Dédouanement", premières circulations sous 25 kV français, premiers essais de relevage	2001
Lille-Hellemmes	Mise en service de l'équipement TVM 430, procédure de transition avec le KVB installé sur l'ICE 3	2002
Lille-Calais	Montées en vitesse jusqu'à 320 km/h, courants perturbateurs, pantographes, qualité du captage, aérodynamique, acoustique	2002-2003
Meaux-Vitry-le-François	Comportement dynamique, pantographes, qualité du captage	2003
Roissy-Calais	Comportement dynamique jusqu'à 353 km/h, détection de boîtes chaudes	2003
Toul-Culmont-Chalindrey	Comportement dynamique sur ligne classique jusqu'à 160 km/h	2003
Lille-Calais	Comportement aérodynamique, aérodynamique des équipements sous caisse sur voies béton bibloc	2003-2005
Lille-Calais	Compatibilité électromagnétique, performances et fonctionnement de freinage jusqu'à 330 km/h	2005
Lyon-Aix-en-Provence	Pantographes, efficacité des mesures antidécollement de ballast	2005
St-Hilaire-au-Temple-PK 64 et Technicentre Est-Européen (Ourcq)	Frein à courant de Foucault, radio sol-train, fonctionnalités françaises, maintenabilité au Technicentre Est-Européen, détection de boîtes chaudes	2006-2007
Strasbourg Cronenbourg	Essais de relevage, répétition des signaux	2006
Nantes-Angers-Sablé	Comportement dynamique sur lignes classiques jusqu'à 200 km/h (vitesse d'essais 220 km/h)	2007
Vaires-PK 140	Fonctionnalités spéciales du freinage, transitions radio sol-train, transitions TVM, inhibition du frein à courant de Foucault	2007

cherche du meilleur compromis... Sur la LGV française sont apparues, dans une position particulière du pantographe, des forces aérodynamiques non compensables qui ont conduit à limiter la vitesse maximale à 300 km/h. Cette limitation ne sera cependant effective que si le train ne peut pas utiliser le pantographe normal 25 kV en raison d'une avarie.

**Caractéristiques de l'équipement de freinage, conformité avec les performances imposées** – Un certain nombre d'interrogations ont vu le jour car le système informatique gérant le freinage faisait apparaître un comportement et des résultats inhabituels par rapport aux connaissances accumulées en France. D'autre part, les caractéristiques du frein à courant de Foucault devaient être validées à partir de zéro

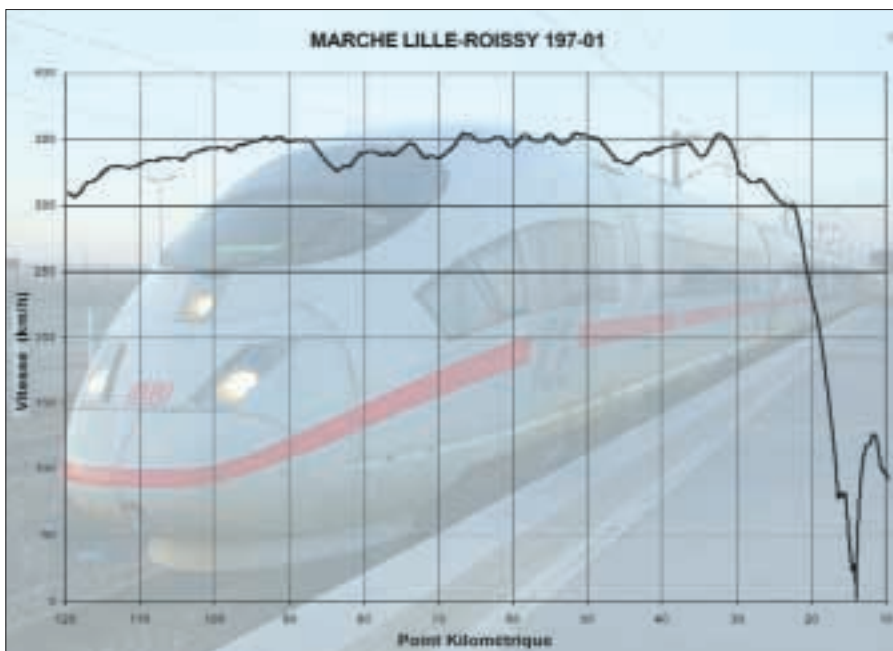
et converties en courbes d'effort de freinage. Il a fallu le modifier pour que le frein à courant de Foucault ne soit utilisé que sur LGV. A la différence du TGV, les ICE sont aussi munis d'un frein à récupération qui peut renvoyer de l'énergie dans la caténaire. Le rhéostat n'est dimensionné que pour une utilisation exceptionnelle (freinage d'urgence), et ne peut supporter ni un usage régulier, ni absorber l'intégralité de l'énergie du train au freinage. Là encore, il a fallu réaliser les adaptations nécessaires sur le frein à courant de Foucault pour qu'il ne perturbe pas les sectionnements (zones neutres), fréquents sur le réseau français, et les techniciens français ont dû définir la courbe de freinage garanti lui correspondant. Cela conduira peut-être, dans des cas très particuliers, à des vitesses

autorisées légèrement inférieures sur les ICE 3 par rapport aux TGV.

**Fonctionnement des équipements de sécurité "nationaux" (KVB, TVM, répétition ponctuelle des signaux, enregistreur des paramètres d'exploitation)** –

Ces systèmes n'ont pu être intégrés que grâce au concours des collègues français. Pour parvenir ensuite à leur qualification et à leur autorisation d'utilisation, il aura fallu une grande saga qui appartient heureusement au passé. On ne





Marche d'essais 197-01, celle du record

rappellera jamais assez l'aide précieuse qu'ont reçue la DB et les industriels allemands pour relever les défis qui se sont présentés en cours de route. Ces équipements nationaux, évidemment conçus spécifiquement pour s'accorder avec le matériel moteur et les pratiques françaises, ne correspondaient absolument pas à la philosophie ni aux interfaces physiques existantes sur les rames ICE. Un seul exemple: parmi les premiers problèmes à résoudre, il a fallu trouver comment brancher des équipements français travaillant en 72 volts sur le circuit d'alimentation à 110 volts du train. Et il fallait évidemment gérer cette différence de tension d'une manière qui garantisse un fonctionnement fiable des équipements de sécurité...

**Conformité aux normes CEM et d'émissions à hautes fréquences** – Ces aspects ont été explorés en profondeur, ce qui a permis de montrer que toutes les seuils imposés par les normes étaient respectés (parfois proches de la limite). Mais pour tous les trains à grande vitesse du continent, ces valeurs constituent des gageures et l'ICE3 se comporte plutôt bien par rapport à ses "collègues" européens. Cela a quand même déclenché des programmes de mesures plus poussées, dans le but de confirmer le fonctionnement en sécurité (et sans perturbation de l'infrastructure) lorsque les systèmes étaient exploités presque aux limites, en France mais pas seulement. Dans la même veine, il y a eu un grand nombre d'essais destinés à ôter tout doute concernant les caractéristiques des boîtes d'essieux, très différentes de celles utilisées par les détecteurs de boîtes chaudes en France. Outre la fonctionnalité élémentaire – détecter les boîtes et leur température – il a aussi fallu montrer que le frein à courant de Foucault, utilisé ou non, n'aurait pas l'in-



fluence néfaste qu'on lui prêtait sur le fonctionnement des compteurs d'essieux. Autre particularité qui s'est heureusement révélée sans incidence: la température maximale autorisée pour les boîtes d'essieu ICE est 10°C supérieure à celle admise sur les boîtes d'essieu TGV. Les mesures réalisées pendant l'été caniculaire de 2003 ont montré que cette différence n'aurait aucune incidence en exploitation, même si les ICE sont contrôlés par les détecteurs automatiques avec les mêmes valeurs (plus restrictives) que les TGV.

**Caractéristiques aérodynamiques et acoustiques et conformité aux normes nationales** – Toutes les normes applicables étaient respectées. Mais des incidents imprévus ont obligé la DB et les industriels à faire des essais plus poussés pour trouver comment y remédier. Au début des essais à grande vitesse entre Lille et Calais, en janvier 2003, la rame a provoqué d'importants décollements de ballast qui ont durement touché le dessous de caisse, les organes de roulement et les moteurs de trac-

tion. Les conditions climatiques ont rapidement conduit à soupçonner des accumulations de neige tombant du train sur la voie, traditionnellement construite avec des traverses débloc sur les LGV françaises. Les chemins de fer allemands avaient décidé, au début des années 1980, d'adapter leurs propres normes concernant la qualité du lit de ballast sur les lignes à 200 km/h et plus pour éviter ces désagréments. C'est notamment grâce à l'usage systématique de traverses monobloc (*mais aussi de ballast à plus gros grains et d'une distance supérieure entre la surface du rail et celle du ballast, NDLR*) que l'on a éliminé les décollements et les projections de ballast sur les ABS/NBS construites depuis lors.

Mais à la fin 2003, pendant les premières marches à plus de 250 km/h en Belgique, l'ICE a de nouveau provoqué un décollement de ballast sur la voie belge équipée de traverses monobloc, alors que le temps n'était pas neigeux cette fois là. Il devenait donc évident que la DB devrait trouver comment régler le problème, puisqu'elle n'avait pas son mot à dire sur la manière dont les infrastructures étaient construites hors d'Allemagne.

Les mesures réalisées par la suite en France, ont permis d'accumuler suffisamment de données pour modéliser le déclenchement de ces événements et pour trouver comment y remédier efficacement. Le résultat? Une série de déflecteurs et de capots de protection, mise elle aussi à l'épreuve des essais et mesures en 2005 et qui a fait preuve d'une efficacité satisfaisante, comparée aux rames TGV circulant sur la même ligne.

**Conformité avec les spécifications des cabines de conduite françaises** – Un aspect inhabituel des essais et qui a demandé du temps avant que chacun se comprenne et que l'on puisse faire la part des choses entre des ajouts indispensables et ce qui relevait simplement de la "tradition" dans l'ergonomie des cabines françaises. La principale nouveauté a été l'ajout d'un arrêt d'urgence ("BP Urgence") spécial, parce que le modèle habituel en France n'était pas raccordable sur les systèmes de contrôle entièrement informatisés du train et sur le freinage piloté électroniquement. Bien sûr, une bonne partie des messages affichés sur les deux écrans d'information en cabine ont été francisés et adaptés aux particularités d'exploitation. Ils sont dérivés des messages français déjà utilisés lors de la circulation en Belgique.

Autre grand chantier, la validation de la résistance aux chocs de la rame. Les ICE 3 ont été conçus bien avant que les Spécifications Techniques d'Interopérabilité (qui sont aujourd'hui applicables) ne prennent véritablement tournure. Ils respectaient donc les normes UIC et quelques exigences complémentaires pour la circulation aux Pays-Bas. En

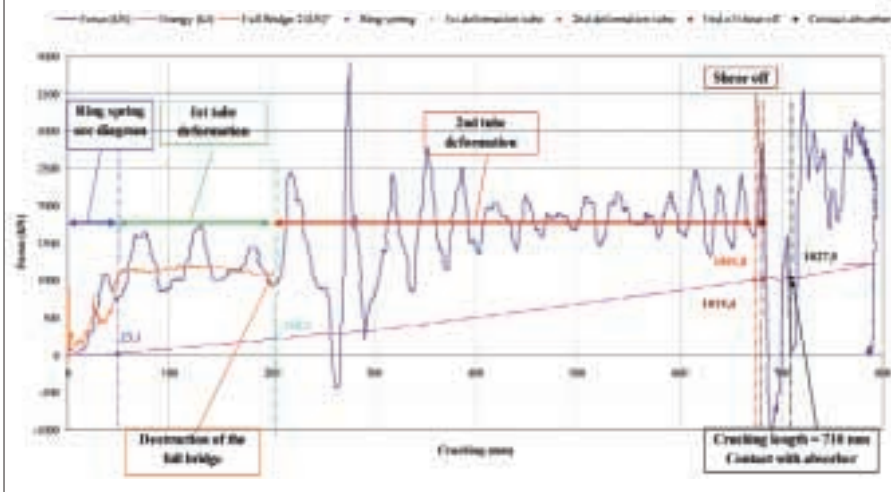


L'ICE au Technicentre Est-Européen (atelier TGV et Corail Intercités de l'Ourcq)



© DB/Frank Panier

ESSAIS DE RÉSISTANCE AU CHOC DU COUPLEUR ICE 3 RÉALISÉS LE 14 OCTOBRE 2003



© Bombardier

prenant connaissance des spécifications françaises, la DB et la SNCF ont réalisé que les trains ne respecteraient pas les valeurs nationales ni la STI officiellement entrée en vigueur en décembre 2002.

La SNCF et la DB ont alors mis au point un programme d'essais de résistance au choc en vraie grandeur pour certains éléments. L'objectif était de valider les modèles de calcul utilisés lors de la conception des caisses et des absorbeurs de choc (rajoutés ensuite pour améliorer la résistance des trains). Ces essais se sont déroulés entre 2003 et 2005 dans les locaux de Bombardier à Crespin. Ils ont montré que les calculs et le comportement réellement observé lors d'une collision concordent bien. L'un des essais les plus spectaculaires était un crash-test grandeur nature du "bout avant" qui porte l'autocoupleur, pour mettre en évidence que le coupleur et les absorbeurs d'énergie jouaient le rôle prévu, en absorbant chacun l'énergie qui avait été calculée.

### Autres modifications pour circuler en France

Il fallait d'abord réussir à intégrer les

systèmes de sécurité ferroviaire et les enregistreurs des paramètres d'exploitation français. Comme indiqué plus haut, cela a été possible grâce à la forte mobilisation des techniciens français (SNCF, AEF, Eurailtest) seuls compétents pour superviser l'intégration et homologuer les fonctions de sécurité. C'est une approche qui se distingue des pratiques allemandes où l'industrie ferroviaire livre elle-même un système intégré et homologué et pas seulement les différents constituants techniques. Autre difficulté à surmonter, la nécessité de modifier les systèmes de diagnostic de l'équipement haute tension. La technologie française habituelle ne pouvait pas être mise en œuvre sur ces trains tels qu'ils sont conçus. La DB a donc suggéré une solution alternative étudiée en détail avec les techniciens français, puis réalisée par l'industrie allemande.

La modification du fonctionnement des marchepieds (qui devaient être asservis à l'ouverture des portes extérieures) a été un troisième sujet d'importance. Pour les besoins français, la SNCF et les autorités de sécurité ont obligé la DB à garantir que les marchepieds

étaient déployés avant que les portes du train ne commencent à s'ouvrir. Les actionneurs pneumatiques ont donc été équipés de capteurs supplémentaires et le logiciel contrôlant l'ouverture des portes a été modifié.

En France, il est enfin obligatoire que les chefs de train aient une liaison directe avec les conducteurs à travers les câbles de sonorisation UIC. Cette fonctionnalité a dû être ajoutée sur les systèmes de communication acoustiques internes au train.

### Retour d'expérience

Comme on l'a vu précédemment, la DB et la SNCF se sont lancées en 1999 dans un programme dont la conclusion était espérée pour 2002. Ce calendrier était motivé par l'expérience acquise par chaque réseau lors de ses précédents programmes d'homologation et d'autorisation de circulation.

Aujourd'hui, nous pouvons mesurer l'énorme quantité de travail due aux différences fortes (et sous-estimées) entre la philosophie de construction des LGV allemandes et françaises. Ces différences ont fortement influencé la conception des trains et ont fait naître, d'un pays à l'autre, des "solutions optimales" différentes pour un bon nombre de paramètres. Problème pourtant bien identifié, les inclinaisons différentes du rail ont montré toute leur influence sur le comportement de roulement et l'évolution du profil des roues pendant l'exploitation. L'interaction entre pantographe et caténaire, évidemment primordiale lorsqu'on circule à haute vitesse, a imposé des solutions très sophistiquées pour assurer une qualité de captage optimale et un faible niveau d'usure d'un côté et de l'autre de la frontière.

En juin prochain, la DB disposera de cinq rames aptes et autorisées à la circulation jusqu'à Paris via la nouvelle LGV Est-Européenne. D'ici la fin 2007, le parc sera renforcé avec un sixième train, grâce à une dépense de 28 M.€ pour les essais et d'environ 47 M.€ pour les modifications techniques des trains. Ces sommes trouvent leur justification dans les perspectives commerciales solides identifiées par la SNCF et la DB dans leur coopération.

Pour finir, les deux réseaux ont appris que les processus d'homologation et d'agrément nationaux "à l'ancienne" devaient céder la place à une reconnaissance mutuelle des essais et des homologations déjà réalisés par les autres exploitants ou par les constructeurs des trains. Ils ont fait des efforts et accompli des progrès considérables dans ce domaine, ce qui a rendu les tâches de plus en plus faciles. Les deux réseaux peuvent être fiers du fait que leurs méthodes sont désormais reconnues dans d'autres domaines et aient ouvert la voie à un projet de règlement européen. ■

