

# ERTMS. Une signalisation

Constitué de l'ETCS – le système unifié de contrôle/commande des trains – et du GSM-R – le système radio des chemins de fer –, tous deux nouvellement mis en œuvre, l'ERTMS est le système de gestion du trafic ferroviaire récemment développé, avec l'appui de la Commission européenne, pour une véritable exploitation sans frontières.

Un équipement complet ERTMS (ETCS + GSM-R) équipe déjà, à titre expérimental, une partie la Direttissima entre Florence et Arezzo.

Tous les jours, les rames Thalys PBKA relient Paris et Bruxelles à Cologne (ou Amsterdam). A chaque voyage, la même rame emprunte les réseaux ferrés français, belge et allemand (ou néerlandais), passant de la ligne à grande vitesse au réseau classique et vice-versa. Afin de surmonter les différences d'alimentation électrique rencontrées sur les différents réseaux ou types de lignes dans les quatre pays, les motrices du PBKA sont capables de fonctionner sous quatre tensions électriques. C'est déjà beaucoup. Mais plus nombreux sont les systèmes de signalisation rencontrés en cours de route : KVB sur la ligne classique française, TVM sur la ligne à grande vitesse, TBL en Belgique, ATB aux Pays-Bas, Indusi et LZB en Allemagne. Six systèmes pour quatre pays... Alors, à supposer que soient résolues les questions d'écartement, de gabarit ou d'alimentation électrique, si un engin moteur était capable aujourd'hui de traverser le continent européen, il incorporerait une bonne vingtaine de systèmes de signalisation et de contrôle de la marche des trains ! Car même si la plupart de ces systèmes appartiennent à un petit nombre de grandes familles (Ehicab, LZB, TVM...), ils ont généralement été spécialisés pour des besoins locaux et présentent des divergences d'un pays à l'autre.

Or nous sommes à l'heure de l'internationalisation des échanges, domaine dans lequel le chemin de fer est handicapé par rapport à la concurrence, aérienne mais surtout routière : si la même automobile ou le même camion peut circuler sur toutes les routes d'Europe, un engin moteur ferroviaire est cantonné aux lignes sur lesquelles il est autorisé.

Après une décennie 1980 qui a vu chaque réseau ferré européen adopter un (ou plusieurs) système(s) de contrôle de vitesse par balise, la Communauté européenne a mis sur pied, dès décembre 1989, un projet d'analyse des problèmes relatifs à la signalisation et au contrôle de vitesse. De son côté, l'ERRI (institut de recherche des chemins de fer européens) a rassemblé fin 1990 un groupe d'experts dénommé A200, avec pour mission de définir les spécifications d'un système européen de contrôle-commande de la marche des trains (ETCS). En juin 1991, les industriels du groupement Eurocab et les acteurs ferroviaires institutionnels (UIC, ERRI et A200) se sont associés plus étroitement pour définir les spécifications en vue d'une application industrielle. Ainsi sont nés Eurocab (équipement de bord des matériels roulants), Eurobalise (transmission

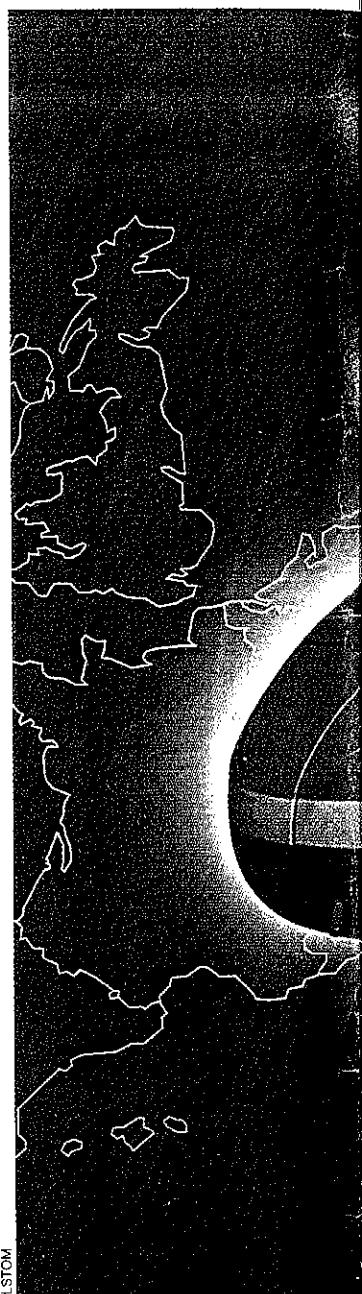
ponctuelle sol-train), et Euroradio (transmission continue sol-train). Sur ce dernier point, les réseaux ferroviaires européens avaient une fois de plus fait preuve de myopie, en optant au cours des décennies précédentes pour des choix très locaux et loin d'être à la pointe de la technique. Le choix du standard unique européen allait bientôt se reporter sur la version ferroviaire de la téléphonie mobile GSM.

Fin 1993, le Conseil de l'Union européenne a émis la Directive Interopérabilité et décidé de mettre sur pied une structure pour définir

**Fin 1993, l'Europe émet la Directive Interopérabilité dans laquelle s'inscrit l'ERTMS**

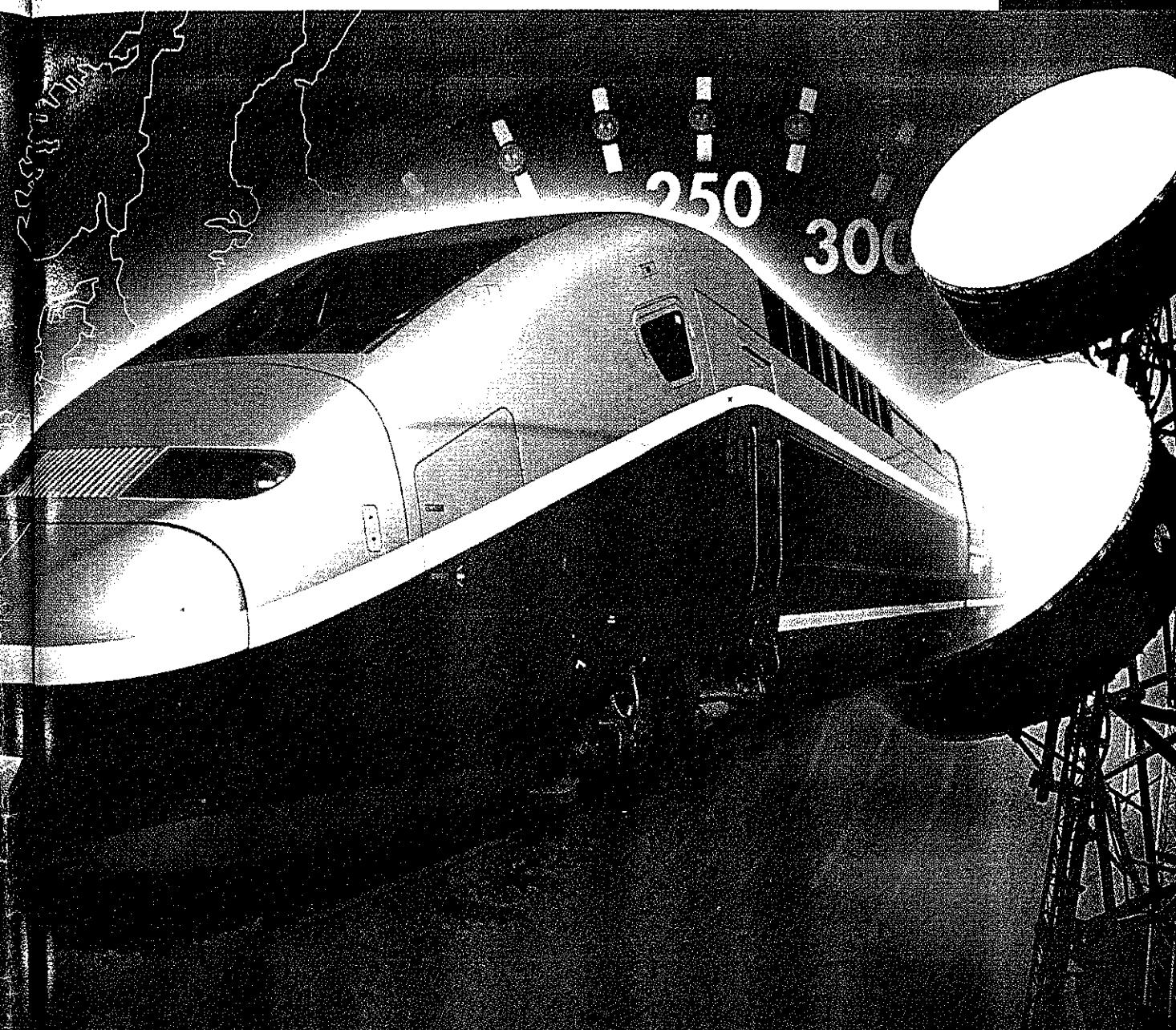
les spécifications techniques de l'interopérabilité. Deux ans plus tard, la Commission

européenne a défini une stratégie d'ensemble pour la poursuite du développement d'un système unique de sécurité, de signalisation et de supervision des transports ferroviaires pour le réseau européen, en anglais European Rail Traffic Management System (ERTMS). Acte de naissance de ce dernier, un plan de développement et de validation a été défini en 1996, avec pour objectif final la réalisation d'essais grandeur nature en France, en Allemagne et en Italie. Deux axes majeurs sont visés à l'échelle européenne : rendre le transport du fret par voie ferrée, d'une inquiétante lenteur,



# l'européenne unique

RAIL  
Matériel  
Équipement  
Voie  
Industrie  
Technologie



en commun les spécifications de l'ERTMS, qui ont été adoptées à Madrid le 25 avril 2000, après un essai concluant sur un tronçon international de la ligne de Vienne à Budapest, validé en novembre 1999.

Une fois les spécifications harmonisées au niveau européen, tant

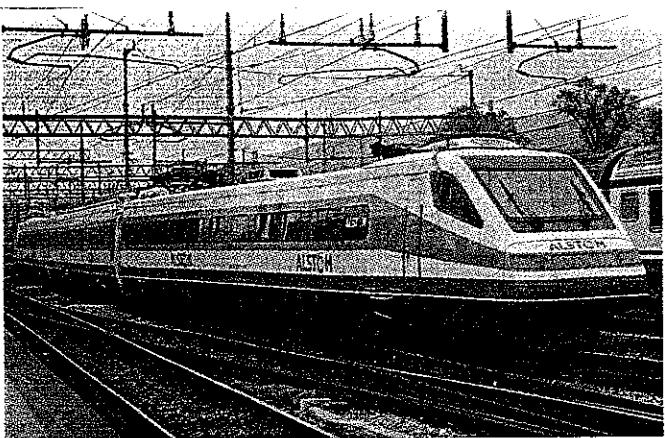
pour les industriels que pour les réseaux ferrés, une première série de tests a pu débuter en novembre 2000 sur les 80 km de double voie entre Florence et Arezzo de la Direttissima italienne (ligne rapide de Florence à Rome). Ces essais sont une étape préliminaire à l'équipement de la totalité de la

future ligne nouvelle Milan - Florence - Rome - Naples.

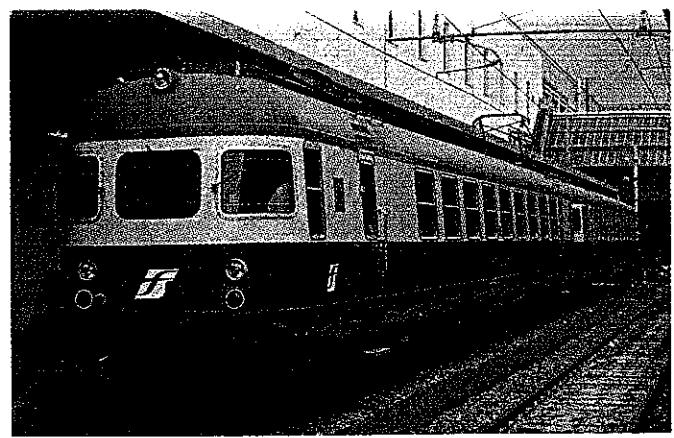
En France, où RFF est maître d'ouvrage du projet ERTMS, les installations sol et bord seront fournies en juin 2001 et l'intégration nationale aura lieu le mois suivant.

Parallèlement, la DB mène jusqu'à

**L'ERTMS est l'une des clés de la future Europe ferroviaire sans frontières.**



Deux éléments automoteurs électriques participent à l'expérimentation de l'ERTMS en Italie : le démonstrateur ETR 470 destiné à la Slovénie (à gauche) et un ALe 480 des FS (à droite).



Patrick LAVAL/VOIR

la fin 2001 un projet pilote (avec le soutien du PB DE, société de planification des travaux dits d'unité allemande) entre Jüterbog, Bitterfeld, Halle et Leipzig.

L'intégration internationale entre les projets italien, français et allemand est prévue pour décembre 2001 et le dossier de sécurité, qui tient compte des retours d'expérience, est attendu pour février 2002.

Les deux principaux avantages de l'ERTMS, interopérabilité et augmentation du débit, lui ouvrent des perspectives non seulement dans le trafic international, mais aussi au niveau régional. Ainsi, plusieurs gestionnaires d'infrastructures ferroviaires travaillent sur la définition d'un ERTMS « simplifié », compatible avec les versions internationales, qui permettrait d'augmenter la capacité et de réduire les temps de parcours sur les lignes régionales, dans le cadre de la régénération des signaux ou des réseaux de télécommunications. Dans les régions françaises, RFF prévoit de mettre en œuvre un dispositif baptisé SER d'ici la fin de la décennie actuelle.

Projet d'intégration européenne par excellence, ERTMS bénéficie d'un large soutien, tant des industriels que des instances politiques. Sur ce dernier point, le financement européen atteint déjà 59 millions de francs, alors qu'une tranche supplémentaire de 59 millions est en cours de négociation, sur un coût total de 310 millions pour la recherche et le développement du projet ERTMS entre 1996 et 2002.

Malheureusement, il faut se garder d'un op-

timisme excessif. ERTMS ne résoudra pas tous les problèmes rencontrés par le rail européen, comme n'a pas manqué de le rappeler Gilles Savary, député européen, en clôture de la conférence

ERTMS qui s'est tenue à Florence les 19 et 20 mars 2001. A la tribune qui lui était offerte, le député a appelé de ses vœux la création d'un réseau dédié au fret afin de mettre fin aux goulots d'étran-

gement, tel le passage de la Garonne à Bordeaux, contre lesquels un nouveau système de contrôle-commande ne peut rien à lui tout seul.

Patrick LAVAL

## 1, 2 et 3... trois niveaux pour trois besoins

*L'ERTMS se décline en trois niveaux 1, 2 et 3 qui correspondent plus à trois besoins différents qu'à trois états successifs de l'équipement de contrôle-commande des lignes.*

**D**éfini par ses promoteurs comme « la signalisation standard du futur » ou « le contrôle-commande du 21<sup>e</sup> siècle », le système ERTMS s'appuie sur deux piliers : le système de contrôle-

commande européen de la marche des trains ETCS et, pour les niveaux 2 et 3, la transmission continue sol-train par téléphonie mobile GSM-R. Car ERTMS existe en trois niveaux (1 à 3), le ni-

veau 2 étant considéré comme le niveau « de base ». S'ils présentent trois degrés de technicité différents, ces niveaux qui se distinguent par leurs équipements au sol et à bord du train, correspon-

### L'ERTMS niveau 2 à l'essai sur la *Direttissima* entre Florence et Arezzo

Les premiers essais du niveau 2 d'ERTMS se sont déroulés en novembre 2000 sur une portion de voie équipée entre Florence et Arezzo. L'occasion de mettre concrètement le système à l'épreuve.



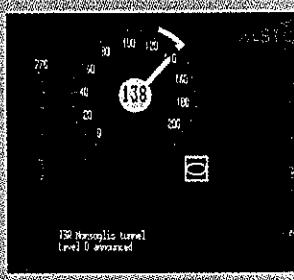
PHOTO ALSTOM

Pour commencer, le conducteur du train initialise le système en entrant sur l'écran tactile de l'interface homme-machine (DMI) les caractéristiques du train qui seront prises en compte par ERTMS.

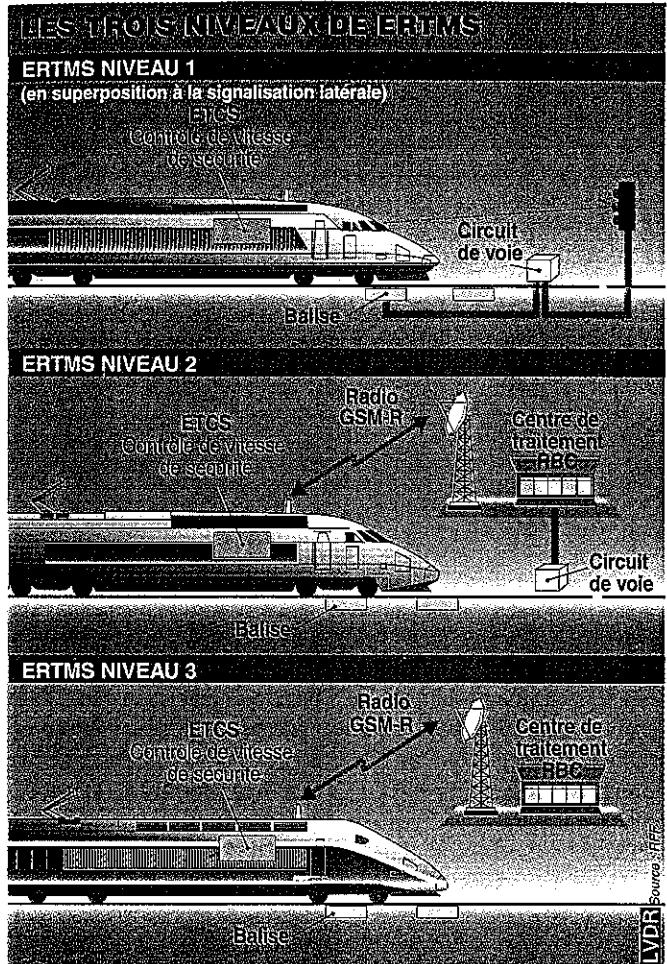
#### (photo 1).

L'écran affiche ensuite un cadran indicateur de vitesse avec une couronne lumineuse qui indique la plage de vitesse autorisée.

Avant d'entrer sur une voie équipée, le train n'est pas



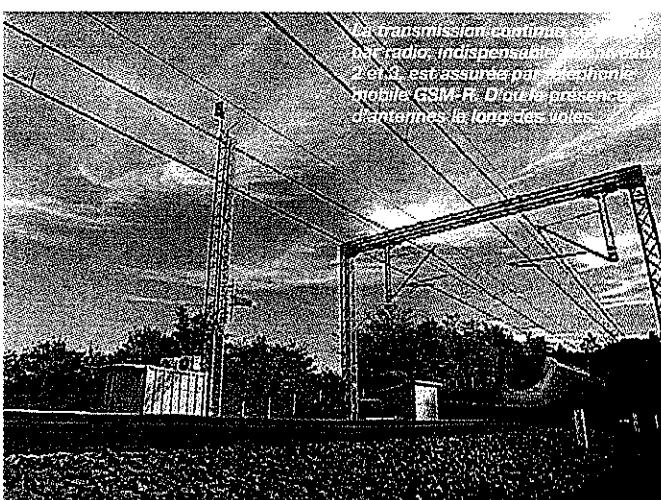
détecté par le système et le conducteur est alors seul responsable de sa marche. Dans ce cas, la vi-



moyen de circuits de voie et de balises Eurobalise, qui assurent la transmission ponctuelle sol-train des autorisations de mouvement (données fixes et variables). Les balises assurent aussi le recalage de l'odométrie embarquée, qui permet aux convois de se localiser par eux-mêmes. En superposition à la signalisation latérale, la balise est connectée à cette dernière. S'ajoute éventuellement un système de réouverture (Euro-loop), indispensable pour que le niveau 1 puisse fonctionner sans signalisation latérale, l'Eurobalise ne donnant pas la réouverture avant d'avoir franchi une nouvelle balise.

Pour ce qui est des principes fondamentaux, le niveau 1 de l'ERTMS est déjà réalisé par les systèmes actuels de contrôle de la marche des trains à un détail près, mais de taille : avec ERTMS, les

*Le rôle des balises Eurobalise, implantées entre les deux files de rail, diffèrent selon le niveau d'ERTMS : transmission ponctuelle sol-train pour le niveau 1, recalage de l'odométrie embarquée (position) pour les trois niveaux.*



dent plus à trois besoins différents qu'à trois états successifs de l'équipement de contrôle-commande. Quel que soit le niveau, le prin-

est limitée à 30 km/h. Une fois le train pris en compte par le système, la vitesse autorisée est fonction des caractéristiques de la voie et du matériel roulant (ici à 140 km/h).

Un excès de vitesse inférieur à 15 km/h entraîne la coloration de la plage de vitesse au dessus de la limite en orange. Au dessus, le freinage d'urgence du train se déclenche (**photo 2**).

En approche d'une section dont la vitesse autorisée est inférieure à celle en vigueur, une barre graphique apparaît à gauche de l'écran pour indiquer la distance qui sépare le train de l'origine de cette section (**photo 3**). La vitesse autorisée décroît alors progressivement et le conducteur sera amené à diminuer la vitesse pour coller à la courbe de décélération.

P.L.

Photos ALSTOM

cipe de base reste le même : à partir des données concernant la voie (limitations de vitesse) et des caractéristiques du train (type d'engin moteur, masse et longueur), l'équipement embarqué calcule un profil de vitesse auquel le convoi en mouvement devra se conformer. En cas de danger (excès de vitesse, franchissement d'un signal fermé, etc.), l'équipement fonctionne en sécurité et freine le train. Le système ERTMS est implanté en superposition à la signalisation latérale (afin d'autoriser le passage de trains non équipés) ou seul. Il permet d'insérer à distance des limitations temporaires de vitesse de façon plus efficace qu'avec les systèmes classiques. Comme moins de signaux et moins d'interventions *in situ* sont alors nécessaires, ERTMS réduit les coûts d'exploitation et de maintenance.

Le niveau 1 repose sur la détection de présence des trains au

balises du type Eurobalise seront les seules généralisées dans toute l'Europe. Eurobalise reprend certains principes du contrôle de vitesse par balise Ebicab (comme le KVB), qu'il s'agisse des dimensions ou de l'implantation, entre les rails ; de plus, Eurobalise utilise une fréquence de 27,095 MHz, très proche de celle des balises KVB.

D'une mise en œuvre relativement facile, le niveau 1 présente un grand intérêt pour les questions d'interopérabilité sur le futur réseau de fret européen.

Par rapport au niveau 1, le **niveau 2** se caractérise par l'emploi d'une transmission continue par radio de type GSM-R entre le train et le centre de traitement au sol appelé RBC (Radio Block Centre), où sont effectués les calculs. Le train communique sa position et sa vitesse au RBC, qui attribue en retour les autorisations de mouvement correspondant à un certain nombre de cantons fixes. La périodicité de ces échanges est fonction du débit de la ligne (de 30 s à 5 min environ). Au niveau 2 (comme au niveau 3), les balises ne servent plus qu'à la référence de position de l'odométrie embarquée. Outre l'interopérabilité du réseau de fret européen, le niveau 2 permet celle du réseau à grande vitesse européen (directive 96/48).

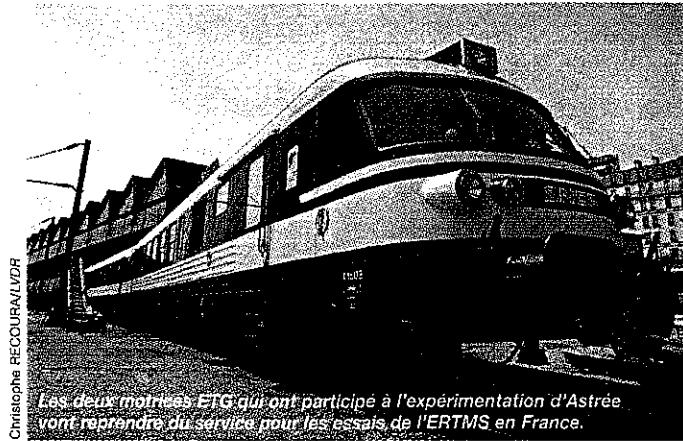
À **niveau 3**, il n'y a plus de circuit de voie. Le centre de traitement au sol (RBC) attribue par GSM-R des cantons fixes ou mobiles et utilise la localisation fournie par les trains pour connaître l'occupation des voies. Par ailleurs, les trains sont équipés d'un système de contrôle d'intégrité, celui-ci n'étant plus assuré au sol au niveau 3. Le principal intérêt du niveau 3 repose dans la possibilité d'augmenter le débit de ligne, en particulier grâce aux cantons mobiles, qui sont déformables.

En attendant les résultats de la première expérimentation, on peut déjà dire que les niveaux 1 et 2 sont maintenus, alors que le niveau 3 reste un objectif à long terme. P. L.

# Où en est-on aujourd'hui avec ERTMS ?

## ITALIE

Sur la Direttissima (Rome - Florence), les 66 km de Florence à Arezzo et les 20 km entre Arezzo et Rigutino sont équipés pour les trois niveaux d'ERTMS, testés à 300 km/h. Le niveau 2 sera conservé et équipera par la suite la totalité de la future ligne nouvelle Milan - Florence - Rome - Naples. Les niveaux 1 et 2 seront opérationnels fin 2003 sur la ligne nouvelle entre ces deux dernières villes.



*Les deux motrices ETG qui ont participé à l'expérimentation d'Astrée vont reprendre du service pour les essais de l'ERTMS en France.*

## AUTRICHE ET HONGRIE

L'Autriche et la Hongrie ont été deux pionnières en matière d'interopérabilité dans le cadre d'ERTMS (niveau 1). En effet, les essais sur la section transfrontalière Pamdorf - Lebenymiklos de la ligne de Vienne à Budapest étaient terminés dès novembre 1999. Le niveau 1 sera étendu fin 2002 à toute la ligne entre les deux capitales.

## GRANDE- BRETAGNE

Les niveaux 1 et 2 seront opérationnels à la mi-2005 sur la West Coast Main Line modernisée, suite aux essais de Railtrack qui débuteront à partir de mars 2002 à Asfordby (Old Dalby) avec 2 éléments automoteurs aptes à 200 km/h. Les autres lignes principales, East Coast Main Line et Great Western, voire Midland Main Line, sont des candidates sérieuses au niveau 2, tout comme la ligne nouvelle entre Londres et le Tunnel (Channel Tunnel Rail Link) où ERTMS serait combiné à la TVM 430. Il est aussi question de développer un ERTMS « simplifié » basé sur la communication sol-train par radio pour les lignes rurales.

Mais il reste pour Railtrack à défi-

nir une stratégie à l'échelle du réseau. Sans doute s'oriente-t-on vers un « full ATP » avec signalisation en cabine, ce qui, avec la normalisation des équipements, reviendrait à un bon niveau 1 d'ERTMS.

## PAYS-BAS

L'application d'ERTMS aux Pays-Bas s'inscrit dans le cadre du projet BB21 (« meilleur usage des voies ferrées au 21<sup>e</sup> siècle »), dont l'objectif principal est d'améliorer la capacité du réseau ferré du gestionnaire Railinfrabeheer. En effet, les voies ferrées néerlandaises sont parmi les plus fréquentées du monde avec une moyenne annuelle de 44 000 km-trains/km, comparés aux 15 000 pour la France. Deux sites d'essais pour les niveaux 1, 2 et 3 sont en cours d'installation sur deux lignes de fréquentation moyenne. Au nord du pays, les essais commenceront en août 2001 entre Leeuwarden et Meppel, ligne équipée par Adtranz ; deux locomotives sont en préparation pour cette expérimentation. Au sud, Alstom équipe la ligne de Maastricht à Heerlen ; deux locomotives sont prêtes à commencer les essais dès mai 2001.

A terme, ERTMS sera mis en service en deux étapes qui feront suite à l'installation du GSM-R à l'échelle

nationale. La première étape comprendra la mise au niveau 2 de la ligne nouvelle de la Betuwe en 2005, de la LGV néerlandaise Sud et d'Amsterdam - Utrecht en 2006. La deuxième étape concernera à partir de 2005 l'accroissement de la capacité des autres lignes ainsi que la LGV néerlandaise Est.

## ALLEMAGNE

Les essais à 200 km/h ont débuté en mars 2001 : pour le niveau 2 sur la ligne de Halle et Leipzig à Jüterbog ; pour les trois niveaux entre Jüterbog et Ludwigsfelde. Pour l'occasion, un automoteur diesel et une locomotive électrique BR 101 ont été équipés. Pendant une phase intermédiaire, la ligne de Berlin à Halle et Leipzig, ainsi que les matériels, seront équipés à la fois de la LZB allemande et du niveau 2 d'ERTMS. L'exploitation débutera vers la fin 2002 et, si les essais sont concluants, la LZB sera remplacée par le niveau 2 d'ERTMS sur 3 000 km de lignes où la vitesse maximale est supérieure ou égale à 160 km/h ainsi que sur 2 000 engins moteurs autorisés à 160 km/h ou plus.

## FRANCE

A partir de juillet 2001, le niveau 1 sera testé à 140 km/h entre

Tournan et Marles-en-Brie (10 km), en combinaison avec le RVB. L'engin d'essai sera la rame formée des deux motrices ETG qui avait servi pour l'expérimentation Astrée. Les niveaux 2 et 3 seront, quant à eux, testés à 270 km/h sur 25 km de la LGV d'Interconnexion, en combinaison avec la TVM. La rame TGV utilisée pour les essais comprendra la voiture Mélusine.

Après l'intégration en France, il sera procédé à une intégration croisée France - Allemagne - Italie. Il est prévu d'équiper deux lignes du niveau 2 en 2006 : la LGV Est et la ligne nouvelle fret - voyageurs de Nîmes à Montpellier. Il est aussi question d'équiper la LGV Sud-Est au prix de quelques modifications.

## ESPAGNE

Alors que la Renfe s'est lancée dans la réalisation d'un simulateur, la section de 38 km entre Albaete et Villar de Chinchilla sur la

ligne de Madrid à Valence est en cours d'équipement pour un essai d'ERTMS à 220 km/h avec quatre locomotives et un élément automoteur. Une première étape permettra de tester le niveau 1 avec balises Ebicab depuis 1985, fait actuellement l'objet d'une conversion à ERTMS de niveau 1. Si les balises d'origine sont conservées entre Sofia et Stara Zagora, 1 100 balises Eurobalise ont été installées sur les 250 km entre Stara Zagora et Burgas. Parallèlement, 144 engins de traction devraient être équipés courant 2001 afin que l'exploitation commerciale puisse débuter à la fin de l'année. Dans la région, les chemins de fer hongrois (MÁV) et turcs (TCDD) ont aussi décidé de passer au niveau 1. Il est possible que les chemins de fer roumains (CFR) fassent le même choix.

## SUISSE

Les essais du niveau 2 entre Berne et Olten s'achèveront à la mi-2001. L'ensemble du réseau CFF devrait être équipé au niveau 1 ou 2 à l'horizon 2010, en donnant la priorité aux corridors Nord - Sud (Italie - Bâle), qui seront en service vers 2004-2005.

## LUXEMBOURG

L'ensemble du réseau devrait être équipé au niveau 1

## BULGARIE

La ligne entre Sofia et Burgas, déjà équipée du contrôle de vitesse par balises Ebicab depuis 1985, fait actuellement l'objet d'une conversion à ERTMS de niveau 1. Si les balises d'origine sont conservées entre Sofia et Stara Zagora, 1 100 balises Eurobalise ont été installées sur les 250 km entre Stara Zagora et Burgas. Parallèlement, 144 engins de traction devraient être équipés courant 2001 afin que l'exploitation commerciale puisse débuter à la fin de l'année. Dans la région, les chemins de fer hongrois (MÁV) et turcs (TCDD) ont aussi décidé de passer au niveau 1. Il est possible que les chemins de fer roumains (CFR) fassent le même choix.

## EUROPE

### DE L'EST

La Commission européenne finance des études de faisabilité pour l'équipement de deux « magistral », l'une en Pologne (Ku-

nowice - Varsovie) et l'autre en Russie (Saint-Pétersbourg - Moscou), ainsi que sur trois corridors fret européens : le IV (Decin - Prague - Bratislava - Budapest), le V (Koper - Ljubljana - Pragersko - Boba - Györ) et le VI (Varsovie - Katowice - Zebrzydowice - Petrovice - Breclav).

## INDE

L'Inde a choisi ERTMS pour des questions de densité de trafic et pour se prémunir contre le vol des équipements de signalisation.

P.L.

rapide à exécuter qu'un raccordement vissé, et quatre à cinq fois plus qu'un raccordement de type clips « Faston ». Surtout, la technique ADO est la seule véritablement sécuritaire. Si l'on songe que neuf dysfonctionnements sur dix sont liés à la préparation des conducteurs, on mesure mieux tout l'intérêt, en termes de fiabilité, d'une technique qui n'en nécessite absolument aucune ! Enfin, un tel raccordement présente une tenue exceptionnelle aux vibrations et aux chocs, car la gaine n'a pas été retirée et la mâchoire exerce une pression permanente et équilibrée. C'est l'intérêt d'une sécurité accrue, associée à des gains de productivité importants, qui a conduit les constructeurs de matériel roulant à s'intéresser à l'ADO et à adopter cette technique sur plusieurs projets en cours.

Ph. H.

## ALLEMAGNE

### 20 tramways pour Dresden

Le 7 février, la société de transport de Dresden (DVB), en Allemagne, a commandé 20 tramways à plancher surbaissé à un consortium formé de Bombardier Transport et d'Adtranz. La livraison des véhicules débutera en décembre 2002 et devrait s'échelonner jusqu'à mi-2004. Le marché s'élève à environ 328 millions de francs (50 millions d'euros) dont 230 pour Bombardier. Le contrat prévoit une option pour la livraison de 50 tramways supplémentaires. Bombardier s'occupera de la conception, de la fabrication et de l'assemblage des véhicules dans son usine de Bautzen, tandis qu'Adtranz se chargera de la partie électrique.

Thibault HERISSE

## FRANCE

### Entrelec : un ADO plein d'avenir

Les tramways de Dublin et de Melbourne seront les premiers Citadis d'Alstom dotés de la nouvelle connectique ADO (Auto-Dénudant avec Outil) qui fait son entrée sur le matériel roulant ferroviaire. Produite par le groupe Entrelec (2 000 collaborateurs, 2 milliards de francs de chiffre d'affaires) qui en a déposé le brevet, elle est basée sur le principe des blocs de jonction auto-dénudants à déplacement d'isolant. Le conducteur électrique, qui n'a plus à être dénudé au préalable, est simplement poussé à l'intérieur des mâchoires du bloc à l'aide d'un outil dédié, entraînant le sectionnement de la gaine isolante. Cette opération, très simple, dure moins de trois secondes. Elle est cinq fois plus



Tramway à plancher surbaissé de Bombardier Transport, construit pour Bautzen pour la ville de Dresden (Allemagne).