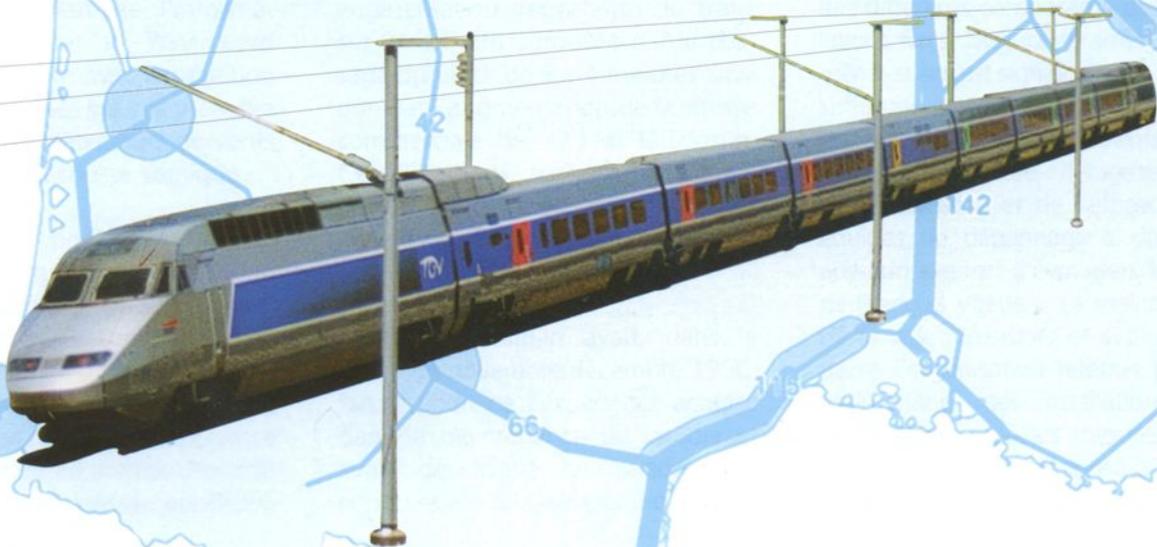


# Revue Générale des Chemins de Fer



**20 ans de TGV**  
**2<sup>ème</sup> partie**

**La maintenance de l'infrastructure  
des lignes à grande vitesse**



# La maintenance de l'infrastructure des lignes à grande vitesse

## Introduction

Jean-Pierre DERMENGHEM

Chacune des réalisations de lignes à grande vitesse a toujours été une occasion privilégiée d'intégrer les dernières évolutions technologiques, tant dans la conception des installations fixes que dans leur maintenance. À cet égard, la mise en service du TGV Méditerranée ne déroge pas à cette règle et permet de franchir une nouvelle étape, en particulier dans le domaine de la signalisation avec l'avènement massif de l'informatique amorcé sur le TGV Nord Europe, ou encore avec l'apparition de systèmes utilisés pour la première fois comme les détecteurs de vents latéraux ou de secousse sismique.

La caténaire posée sur Valence Marseille marque également un saut technologique puisqu'elle est conçue pour permettre une excellente qualité de captage jusqu'à la vitesse de 350 km/h. Sa conception, qui a pris en compte l'expérience acquise pendant 20 années d'exploitation à grande vitesse, apportera

également une meilleure tenue dans le temps grâce à la diminution des sollicitations mécaniques apportée par la tension plus élevée du porteur et du fil de contact. La RGCF a, dans son numéro spécial d'avril 2001, consacré à l'alimentation électrique, décrit ce nouveau type de caténaire ainsi que les évolutions corrélatives de sa maintenance.

Mais, au-delà du démarrage de l'exploitation sur la ligne nouvelle Valence Marseille, la mise en service du TGV Méditerranée c'est aussi une augmentation importante du trafic sur Paris-Lyon, autorisée par le passage du block de 5 à 4 minutes ainsi que par l'augmentation de la vitesse commerciale de 270 à 300 km/h. Ces évolutions, sur une ligne âgée de 20 ans, représentent pour les agents en charge de la maintenance un véritable challenge.

André Le Bihan avait, dans la RGCF de novembre/décembre 1996, fait le point de l'expérience acquise dans la maintenance de la voie et avait développé les raisons qui conduisaient à la nécessité d'un pre-

mier renouvellement de ballast. Le texte d'André Le Bihan qui suit, complète cette présentation et évoque les principales évolutions nécessitées par l'accroissement du trafic, en ce qui concerne la surveillance de la voie et le maintien de sa géométrie.

L'augmentation de la densité du trafic a aussi pour conséquence que le moindre incident impacte généralement un nombre élevé de TGV. Ceci, associé aux exigences croissantes des clients en matière de régularité, a conduit la SNCF à améliorer la fiabilité des différents composants des installations fixes. Mais cette amélioration, même si elle est significative, n'est pas suffisante à elle seule, d'autant qu'un certain nombre d'incidents sont d'origine extérieure : l'augmentation de la réactivité et de l'efficacité des équipes de dépannage a donc été aussi un axe fort d'évolution. Le texte de François Vilette « *La maintenance de la voie : constats et évolutions* » décrit l'organisation retenue pour la maintenance des installations électriques, ainsi que les mesures prises pour apporter une réponse à ces différentes préoccupations.

## Dossier

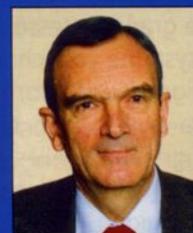


Jean-Pierre  
DERMENGHEM

Chef du département Maintenance à la Direction déléguée Production Méthodes de la SNCF

André LE BIHAN

Chef de la division Politique de Maintenance – Référentiel à la Direction déléguée Production Méthodes de la SNCF



François VILETTE

Adjoint au chef de la subdivision des Installations Électriques et de la Signalisation au département Maintenance de la Direction déléguée Production Méthodes de la SNCF

## La maintenance de la voie : constats et évolutions

André LE BIHAN

Après vingt années d'exploitation à grande vitesse, on peut dire que le système voie choisi pour la première ligne (Paris-Lyon), puis reconduit par la suite pour chacune des autres lignes nouvelles, a fait ses preuves, tant sur les plans technique qu'économique.

Il est utile de rappeler que la constitution de la voie courante est, en définitive, assez proche de celle de toute autre ligne classique moderne et que ce concept de voie ballastée, avec un châssis de voie assez souple, s'est donc révélé très bien adapté aux sollicitations dynamiques apportées par la grande vitesse, tout en garantissant une excellente stabilité transversale (figure 1). Ceci a permis, sans problème, de pratiquer à partir de l'ouverture de la ligne à grande vitesse Atlantique (1989) des vitesses commerciales de 300 km/h, et de relever de 270 à 300 km/h la vitesse d'exploitation de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon en juin 2001.

Pour autant, certaines évolutions technologiques se sont révélées souhaitables. Elles ont été détaillées dans un précédent numéro de la RGCF en date de novembre/décembre 1996 et ne seront donc rappelées que succinctement ci-après :

- appareils de voie sur traverses en béton, avec cœur à pointe mobile monoberceau soudé ;
- appareils de dilatation sans berceau pour ouvrage d'art ;
- rails de nouvelle nuance d'acier « naturellement dure », avec des caractéristiques géométriques très rigoureuses ;
- ballast aux caractéristiques mécaniques très améliorées.

Pour tous ces composants, de nouvelles spécifications drastiques ont été établies, souvent reprises,

(Photo SNCF/CAV P. Olivain)



**Fig. 1** - Une voie d'apparence classique, mais aux caractéristiques géométriques exceptionnelles

par la suite, dans une classe de qualité supérieure prévue aux projets de normes européennes, ce qui a eu pour effet de faire progresser les moyens industriels de fabrication des produits de la voie.

Mais ces améliorations technologiques ne sont pas à elles seules suffisantes. Le véritable challenge consiste à assurer, au quotidien, une maintenance adaptée garantissant un haut niveau de sécurité technique et de confort, et ceci au meilleur coût. L'expérience acquise n'a pas seulement permis de valider les méthodes et la politique de maintenance de la voie initialement définies, mais encore de les faire évoluer (voir l'article de la RGCF de novembre/décembre 1996).

Ces évolutions sont d'ailleurs continues, car elles sont le fruit d'un retour d'expérience permanent, facilité par des contacts étroits entre le département Maintenance-Développement de la direction de l'Infrastructure, chargé d'élaborer les règles et spécifications, et les services opérationnels spécialement dédiés à la maintenance des lignes à grande vitesse.

Elles sont surtout nécessaires, car les sollicitations et les contraintes d'exploitation s'accroissent de façon importante, à la mesure du succès commercial grandissant de ce réseau à grande vitesse. Le tableau repris en figure 2 illustre bien cette croissance.

Trois exemples des adaptations en cours, dans le domaine de la maintenance de la voie, sont donnés ci-après.

### Bourrage dressage mécanique

Le dossier paru dans la RGCF de novembre/décembre 1996 avait montré pourquoi et comment les moyens mécanisés d'entretien de la géométrie de la voie avaient évolué, faisant appel à de nouveaux types d'engins de moyenne importance, mais très performants au plan des fonctionnalités et de l'équipement informatique embarqué, tels la bourreuse « de 3<sup>ème</sup> niveau » LGV, et l'engin multifonction LGV.

Ces engins ont pour vocation principale la reprise du nivellement et du dressage sur des zones ponctuelles ou de quelques centaines de mètres, en fonction des besoins à court terme déterminés par les responsables

Ligne	1981	1982	1989	1994	2 <sup>ème</sup> semestre 2001
LN 1 Nord		68	90	108	130
LN 1 Sud	48	58	78	90	115
LN 2 TC			50	55	112
LN 3 TC				23	146
LN 4 Satolas				18	60
LN 5					68

**Fig. 2** - Nombre moyen de circulations commerciales sur les LGV par jour et par sens

locaux à l'issue des tournées de surveillance ou d'enregistrement. C'est pourquoi les Établissements Logistiques assurant les prestations de service pour les Établissements de Maintenance LGV en ont été dotés.

Le parc actuel est de :

- 4 bourreuses de 3<sup>ème</sup> niveau LGV ;
- 6 engins multifonction LGV.

Un nouveau concept est apparu, à la lumière de l'expérience acquise. Celui de l'optimisation de l'intervention par limitation du bourrage aux seules zones dégradées, avec calcul automatisé des relevages à réaliser.

Ceci implique :

- un premier passage de l'engin pour enregistrement préalable des paramètres géométriques de la voie et restitution sur écran du profil réel ;
- une définition, par l'opérateur, du profil cible souhaité ;
- une détermination automatique du profil à réaliser par la bourreuse pour tenir compte de la danse et des phénomènes de tassement.

Un tel système a été développé par la Société Framafar et installé à bord d'une nouvelle génération de bourreuses, du type ZC, construites par cette société. Un schéma fonctionnel de cet engin est présenté en figure 3.

Les premières interventions réalisées sur la nouvelle ligne à grande vitesse Méditerranée, pour assurer notamment les reprises des points singuliers dans l'indispensable phase de stabilisation de la voie, ont été convaincantes. Aussi, a-t-il été décidé d'acquérir un exemplaire de cette bourreuse pour validation définitive dans le cadre de la maintenance des LGV.

Les avantages attendus ne sont pas seulement techniques : l'ergonomie améliorée du poste de l'opérateur et le fait qu'il ne soit plus nécessaire de faire des prises de points en voie contribuent grandement à progresser en termes de sécurité et de productivité du travail.

La limitation des reprises de nivellement aux seules zones nécessaires, de « point bon » à « point bon », évite une agression inutile du ballast par les bourroirs et contribue à limiter les coûts de maintenance. Cependant, il ne saurait être question de réduire la maintenance de la géométrie de la voie à cette seule forme d'intervention : des bourrages de plus grande ampleur demeurent à certains moments nécessaires, et chaque type de bourreuse, y compris à grand rendement, a ainsi son domaine de pertinence. L'art du res-

ponsable local Équipement, secondé par le système informatique d'aide à la décision TIMON, est précisément d'optimiser le programme d'ensemble de maintenance.

## Meulage des rails

Les premiers meulages sur ligne à grande vitesse sont intervenus dès 1980, soit avant même la mise en service de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon. Ce meulage avait pour but d'éliminer les défauts liés à la pose de la voie (dégradations de la table de roulement, imperfections des soudures). Avec les moyens techniques de l'époque, ceci constituait un travail considérable, puisque douze passes de train meuleur étaient nécessaires.

Assez rapidement après la mise en service, l'apparition de « crapauds » dus à l'écrasement d'éléments de ballast, projetés notamment lors des chutes de glace pendant la période hivernale, avait perturbé le nivellement et entraîné des reprises excessives par bourrage mécanique lourd, pour une tenue dans le temps non satisfaisante.

La solution du meulage s'est donc imposée pour les zones ainsi touchées. Plus généralement, le bénéfice d'une association des opérations de meulage et de bourrage a été clairement démontré à la suite d'une étude menée en 1985. Les résultats mirent en évidence que cette méthode permettait d'économiser en moyenne une campagne sur deux de bourrage. Ce fut le point de départ des campagnes programmées annuelles de meulage sur la LGV Paris-Lyon, essentiellement orientées vers le traitement des zones de rails les plus marquées.

Afin de limiter le nombre de réparations des empreintes de ballast par rechargement à l'arc (technique de plus en plus coûteuse en fonction de la réduction des possibilités

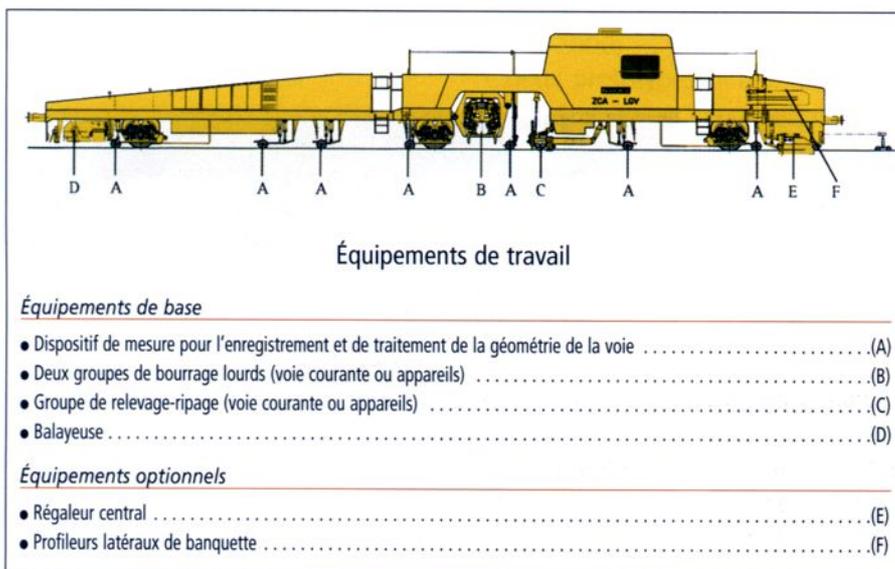


Fig. 3 - Bourreuse ZC

quotidiennes d'intervention), une politique de meulage plus volontariste a été mise en place en 1997 :

- déclenchement d'une opération de meulage à partir d'une densité de 9 empreintes justiciables d'une réparation par kilomètre de voie ;
- enlèvement de métal de l'ordre de 3/10<sup>ème</sup> de mm, avec reprofilage complet du champignon.

Ainsi se trouve sensiblement réduit le nombre d'empreintes à traiter par rechargement à l'arc et restauré un profil de contact rail/roue de qualité.

Pour que cette politique ait une productivité assurée, la direction de l'Infrastructure a mis au point en 1998, en liaison avec l'entreprise Speno, une technique de meulage en une seule passe. L'association de deux trains modernes de 40 meules (figures 4 et 5) a ainsi permis de réaliser un tel traitement de la voie, à la vitesse de travail de 5 700 mètres par heure, tout en respectant les spécifications de qualité : valeur limite de microrugosité, absence de raie de meule, tolérances de profil longitudinal et transversal.

Ces évolutions ont permis, à coût budgétaire égal, de doubler le volume des campagnes de meulage.

Un nouveau domaine concerne la lutte contre un défaut préoccupant de fatigue de contact sur le congé

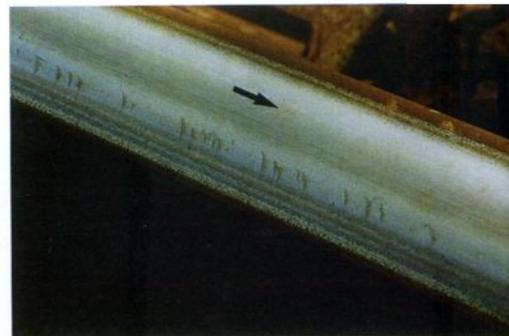
du champignon du rail, qui a d'abord été observé sur les lignes classiques, et qui commence à apparaître sur les rails des lignes à grande vitesse, notamment LGV Paris-Lyon (défaut du type « Head checking » figure 6). Le développement du meulage, qui assainit la couche d'acier écrouie, est à ce titre tout aussi bénéfique.

Pour toutes les raisons évoquées, l'objectif immédiat de la SNCF est d'assurer un volume global annuel de meulage d'au moins un tiers de la longueur totale des lignes à grande vitesse.

## Surveillance de la voie

La surveillance des lignes à grande vitesse est fondée, depuis l'origine, sur des concepts tout à fait classiques, avec bien entendu des périodicités adaptées à ce nouveau domaine. Or, l'augmentation importante du trafic a eu pour double effet d'accroître les sollicitations, donc les besoins de surveillance, et de diminuer les possibilités de réalisation de ces tournées.

Ceci est tout autant vrai pour les tournées d'enregistrement par voitures spéciales que pour les visites à pied dans la voie.



**Fig. 6** - Illustration de défauts de voie de type « Head checking ». La flèche indique le sens principal de circulation

Les voitures d'enregistrement traditionnelles ne peuvent en effet circuler qu'à des vitesses maximales de 160 ou 200 km/h, limitation due, par exemple, à la constitution même des voitures Mauzin d'enregistrement de la voie, du fait de la présence d'un troisième bogie sous caisse.

Une telle contrainte de circulation devient incompatible avec la densité croissante de la grille commerciale à vitesse 300 km/h, si bien que ces tournées d'enregistrement pourraient bientôt être contraintes de se placer dans les périodes dédiées à l'entretien des lignes, où elles dégraderaient de façon importante les temps de production.

La solution consiste donc à réaliser un vecteur apte à circuler à la



**Fig. 4** - Train meuleur Speno



**Fig. 5** - Meulage d'une voie





**Fig. 8** - Motolorry pour effectuer les tournées en voie

marquées par une introduction massive de l'informatique. Il en va ainsi pour les systèmes d'exploitation comme pour les systèmes de maintenance. Le contexte des LGV compte tenu des caractéristiques de leur exploitation, des exigences de régularité et de sécurité, et des technologies mises en œuvre nécessite un dispositif de maintenance des infrastructures adapté, de nature à permettre par son efficacité le maintien d'une disponibilité optimale des installations.

Cette partie du dossier montre les moyens, qui sur le plan de l'organisation et des outils mis en œuvre, concourent à l'atteinte de cet objectif, et qui se fondent d'une part sur l'expérience acquise dans la maintenance des LGV et d'autre part sur les nouvelles technologies.

## ■ Une organisation optimale des services de maintenance

Chaque création de LGV comprend la définition d'une organisation territoriale conçue de façon à ce que les délais d'intervention en cas d'incident soient minimisés, car ils entrent dans une large mesure dans la durée des incidents.

Pour ce faire une étude préalable intègre les caractéristiques physiques de la future ligne, telles que la géographie des lieux, les accès et la localisation des installations mais également des paramètres plus complexes tels que l'occurrence des incidents, en fonction de leur nature, des périodes de la journée où ils peuvent se produire et de l'occupation des agents de maintenance pendant ou hors leur temps de service journalier.

L'expérience acquise sur les premières LGV constitue un apport précieux à la recherche de la solution optimale.

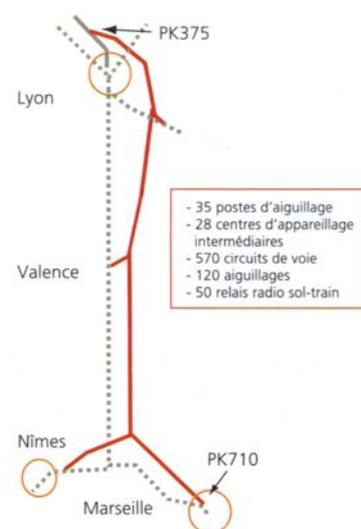
À l'occasion de la création de la ligne à grande vitesse Méditerranée, le département Maintenance Développement de la direction de l'Infrastructure a mis en application pour la première fois des méthodes de simulation basées sur l'application des réseaux de Pétri stochastiques pour vérifier l'efficacité de différentes organisations de maintenance de la signalisation sur l'ensemble du tronçon de Lyon à Marseille.

La démarche a consisté à :

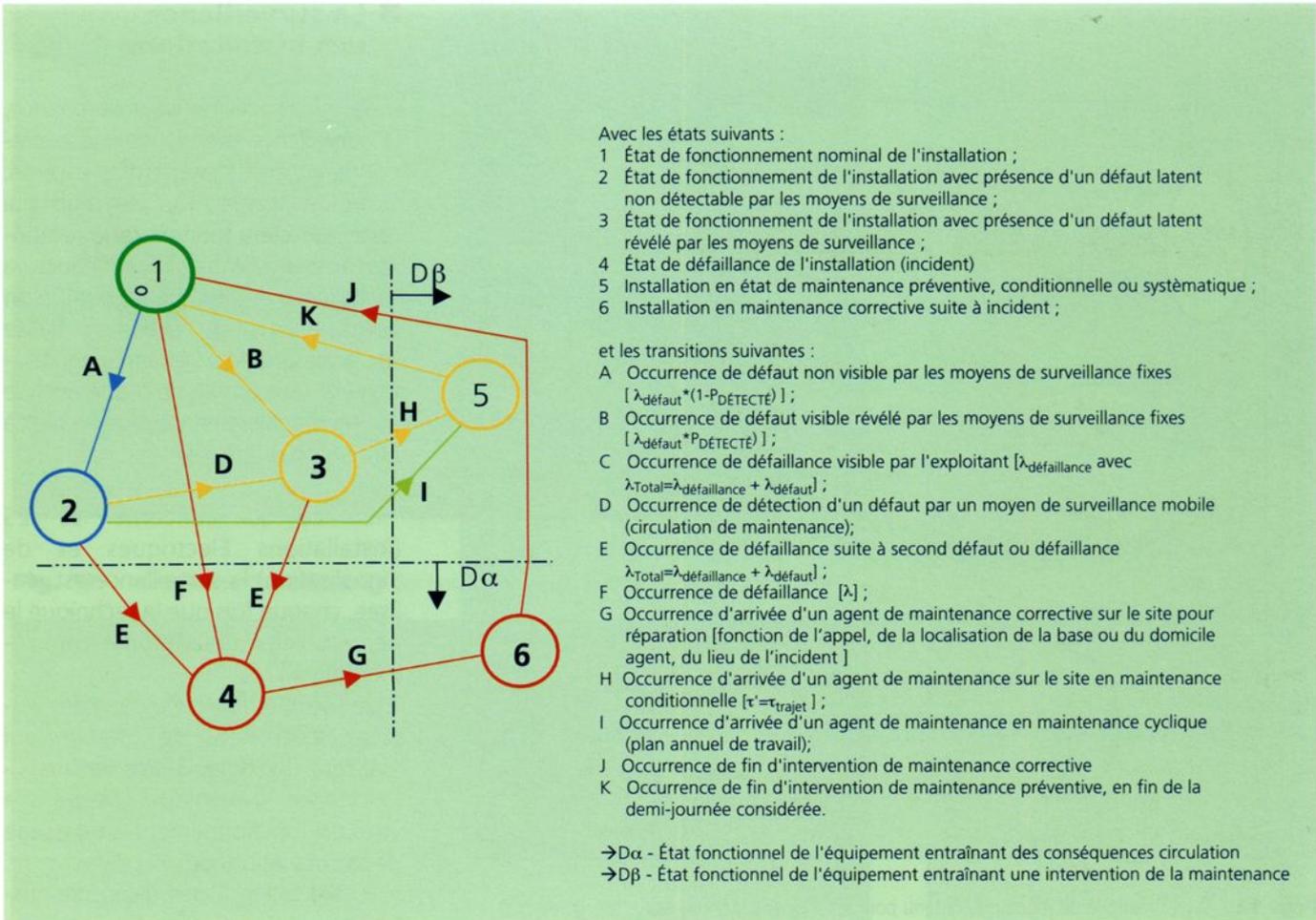
- décrire la ligne sur un plan typologique (figure 9) ;

- analyser les retours d'expérience et déterminer les taux de fiabilité opérationnelle des différents systèmes à maintenir conduisant à caractériser l'occurrence des différents états possibles d'une famille d'équipements donnés regroupés dans un centre d'appareillage ou un poste d'aiguillage (figure 10) ;
- définir des scénarios d'organisation et les modéliser pour caractériser différentes situations des équipes de maintenance (figure 11) ;
- quantifier chaque hypothèse par une utilisation de simulations de « Monte Carlo » conduisant à réaliser un nombre suffisant de tirages aléatoires d'événements à partir des données précédentes pour obtenir des résultats avec un intervalle de confiance acceptable ;
- analyser les résultats (figure 12).

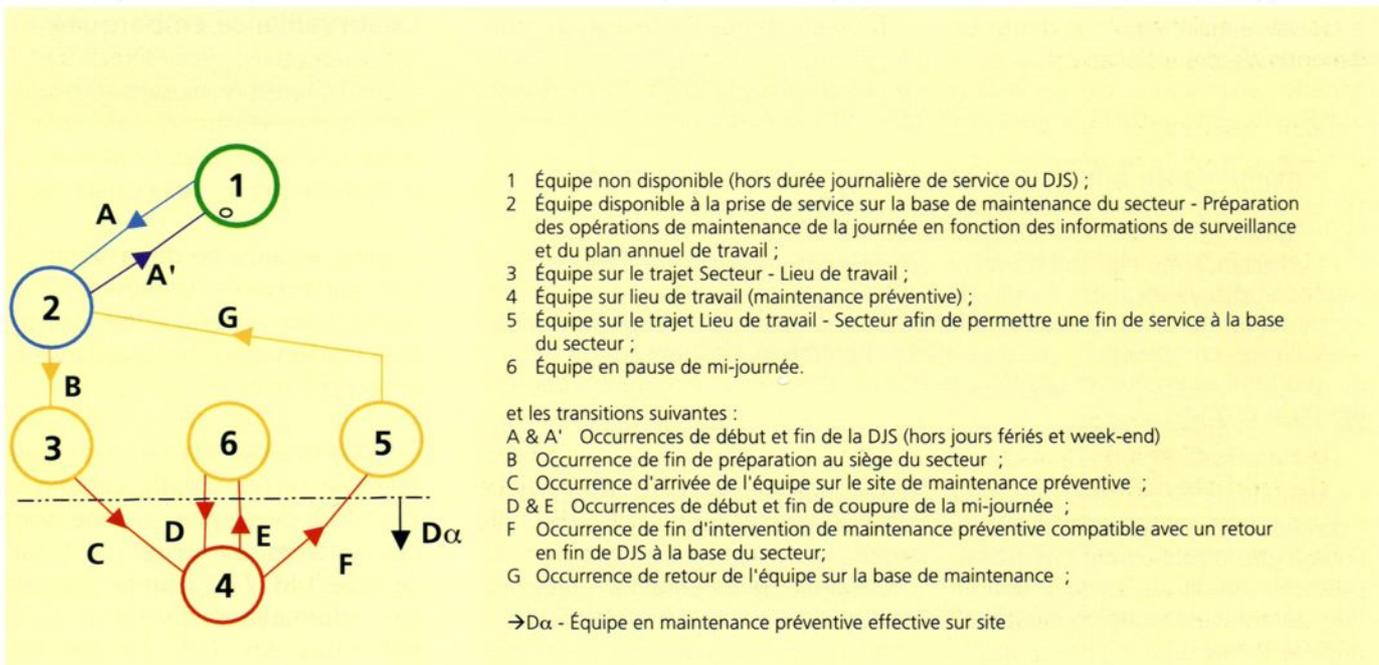
Cette étude a permis de confirmer la pertinence des choix faits sur les précédentes lignes nouvelles et a conduit à retenir une organisation avec des « secteurs » d'une longueur de 100 km maximum, chacun de ces secteurs étant confié à une équipe, localisée au centre du tronçon, elle-même divisée en deux demi-équipes se répartissant la charge de façon géographique. L'atteinte des objectifs de régularité supposait toutefois la mise en œuvre de systèmes de télé-surveillance et d'une supervision.



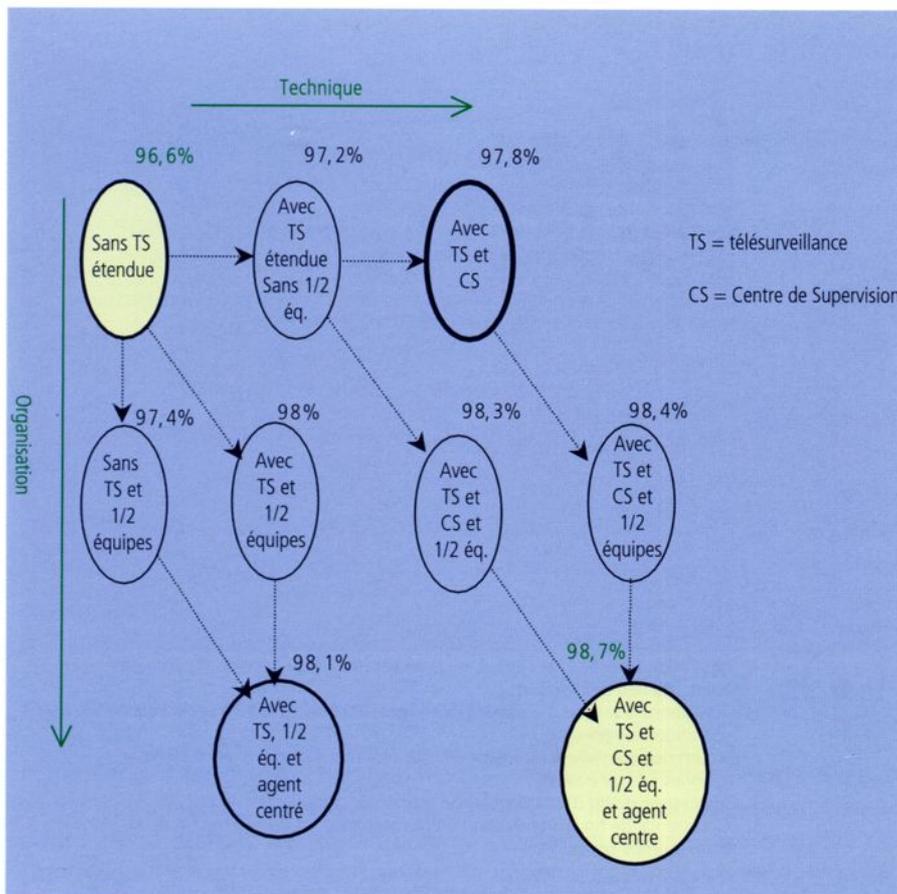
**Fig. 9** - Typologie générale de la LGV de Lyon à Marseille



**Fig. 10** - Modélisation des états de fonctionnement d'une installation



**Fig. 11** - Modélisation des situations des équipes de maintenance



**Fig. 12** - Taux théorique de régularité, obtenu pour les incidents dont la cause est imputable à l'infrastructure

## Typologies de la maintenance

La maintenance se doit d'être adaptée à chaque type d'installation, elle dépend des technologies mises en œuvre, des modes de défaillance, de l'expérience acquise. Elle permet d'assurer de façon durable le niveau de qualité (sécurité, disponibilité, confort...) requis par l'exploitant et les clients.

**La maintenance préventive**, adaptée aux défaillances dont l'évolution est lente, progressive et détectable est constituée des deux types d'opérations suivantes :

- la surveillance, qu'elle soit humaine ou automatisée, comprend des observations et des vérifications (essais de fonctionnement, mesures...);
- les interventions, programmées, fondées notamment sur le résultat de la surveillance, comprennent des opérations d'entretien, des reprises de réglage, des mises en état et des remplacements préventifs de matériels dégradés ou obsolètes.

Elles ont un caractère :

- systématique lorsqu'elles sont déclenchées selon un calendrier préétabli ;
- conditionnel lorsqu'elles sont déclenchées à partir de seuils, de modifications d'état ou de conditions climatiques ;
- prévisionnel lorsqu'elles découlent d'une analyse de paramètres représentatifs des phénomènes de dégradation en fonction de leur évolution prévisible dans le temps.

**La maintenance corrective** est souvent plus adaptée aux défaillances dites « catalectiques », survenant de façon totalement imprévisible.

## La surveillance des installations

Parmi les activités de maintenance, la surveillance prend une place prépondérante et devient plus experte. Outre la surveillance humaine qui reste, et restera toujours, une composante essentielle de la maintenance, la surveillance automatisée constitue un domaine en pleine évolution. Basée sur la mesure de paramètres significatifs, elle s'accompagne d'une analyse qui tend également de plus en plus à être automatisée.

En ce qui concerne les IES (Installations Électriques et de Signalisation) la surveillance est réalisée, chaque fois que la technique le permet, selon deux modes complémentaires :

- de façon embarquée dans des voitures spécialisées de mesure, qui assurent une surveillance des installations en dynamique, c'est-à-dire vues en fonctionnement au passage de la circulation ;
- au sol grâce à des dispositifs installés à demeure ou à des outillages spécifiques. Ce type de surveillance étant plus approprié à la mesure de caractéristiques statiques.

## La surveillance embarquée

Les voitures de mesure sont utilisées pour enregistrer de façon périodique des paramètres de la voie, de la signalisation ou de la caténaire.

Dans le domaine de la signalisation par exemple, la mesure de la transmission voie/machine illustre bien l'intérêt de cette surveillance et ses potentialités.

La TVM 300 (Transmission Voie Machine version 3.0.0), comme la TVM 430, développée ensuite, sont des systèmes qui utilisent le circuit de voie UM 71C comme support des informations de signalisation transmises aux TGV. Le maintien d'une bonne qualité de cette transmission est lié à la tenue des constituants du circuit de voie. Toute dérive



**Fig. 13** - Voiture Hélène d'enregistrement des installations électriques et de signalisation (IES)

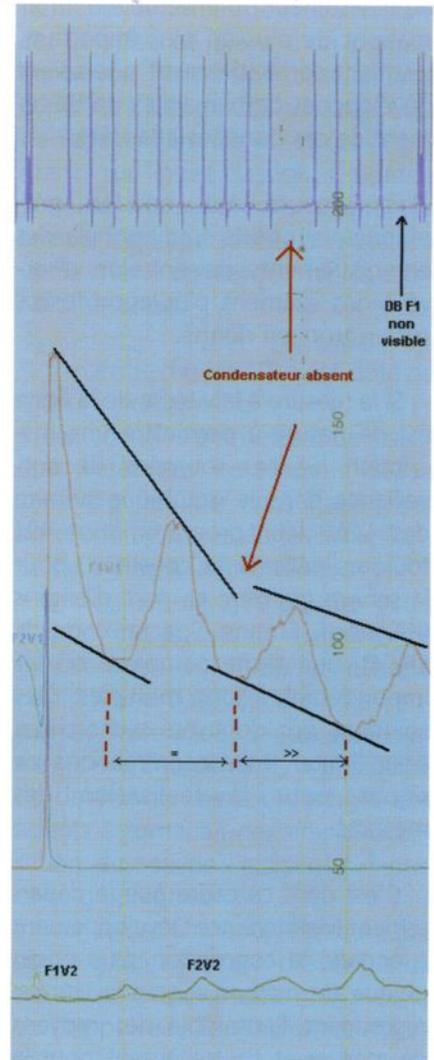


**Fig. 14** - Salle des opérateurs de la voiture Hélène

de leurs caractéristiques peut entraîner soit une interférence entre deux circuits de voie d'une même voie ou un niveau de diaphonie transversale (influence d'un circuit de voie sur un autre de la voie contiguë) qui peuvent devenir critiques sur le plan de la sécurité, soit un amortissement trop rapide du signal dans la voie engendrant une réception insuffisante par les circulations et des conséquences vite importantes sur la régularité. Les voitures de mesure (figures 13 et 14) sont donc équipées des mêmes types de capteurs que les circula-

tions commerciales et enregistrent les niveaux de signaux TVM transmis par la voie.

Une capitalisation des connaissances acquises, sur LGV, depuis une vingtaine d'années permet aujourd'hui d'effectuer une analyse plus fine de ces enregistrements. Les défauts ou les évolutions sensibles des paramètres de la transmission sont ainsi décelés à partir de la forme du signal mesuré (figure 15). Leur détection précoce par les enregistrements réalisés, suivie d'une investigation sur site, conduit à une



**Fig. 15** - Exemple d'enregistrement graphique d'une mesure de champ de la TVM 430

localisation précise de l'élément défaillant et à sa substitution.

L'acquisition numérique des mesures et la mise en œuvre de techniques informatiques appropriées permettent d'envisager, dans un futur proche, le classement automatique de défauts caractérisés, facilitant le dépouillement des données et la prise de décision.

De même, les progrès réalisés ces dernières années dans le domaine de la mesure de paramètres de la caténaire, que ce soit pour la mesure à grande vitesse de la hauteur et du désaxement du fil de contact, de son épaisseur ou pour l'appréciation de la qualité du captage, apportant

au maintenir un ensemble d'informations de plus en plus important, justifient corrélativement que soient développées des capacités de traitement de ces données adaptées.

Le recours aux bandes graphiques, supports traditionnels des enregistrements, devient alors réservé à des examens plus approfondis sur un tronçon donné.

Si la mesure à la vitesse de la ligne est de nature à permettre une inscription de ces tournées de surveillance dans le graphique horaire des LGV, leur programmation est toujours délicate et constitue, pour le service qui gère ce parc d'engins (l'Agence Engins Spéciaux de la SNCF), une tâche complexe où les impondérables sont multiples. Des solutions ont donc été recherchées pour limiter les consommations de sillons pour la réalisation des mesures.

C'est dans ce cadre que le département Maintenance Développement a engagé la conception d'un engin unique de mesure à grande vitesse, regroupant l'ensemble des moyens de mesure et de traitement pour la voie, la signalisation, la radio sol/train et la caténaire. Ces études, confiées à la direction de l'Ingénierie, devraient permettre de disposer d'un train de mesure à grande vitesse (MGV) à l'horizon 2005.

## La surveillance au sol

C'est sans doute dans le domaine de la signalisation que l'impact technologique et novateur des systèmes est le plus remarquable.

L'informatique dans les postes d'aiguillage de LGV est apparue en 1993, au niveau des systèmes de contrôle-commande, avec la mise en service de la LGV Nord. En 2001, une nouvelle étape a été franchie avec l'introduction massive de l'informatique dans les systèmes de sécurité des LGV au niveau des enclenchements.

Quinze postes d'aiguillage et douze centres d'appareillage intermédiaires de type SEI (Systèmes d'Enclenchement Intégré) réalisent ainsi les fonctions de sécurité sur les 250 km de ligne nouvelle mis en exploitation en juin 2001. Cette génération de postes constitue un nouveau palier technologique après les postes de type MCKT associés à la TVM 430 équipant la LGV Nord.

Le nouveau poste de commande de Marseille, qui assure, outre les fonctions d'un poste d'aiguillage pour le site de Marseille, la commande centralisée des itinéraires d'une grande partie de la LGV, est un des plus grands postes d'Europe avec 1 180 itinéraires. Afin de donner à ce poste une ergonomie adaptée à son rayon d'action et de pallier l'obsolescence des premiers systèmes informatiques de contrôle-commande, il a été équipé de Modules Informatiques de Signalisation et de Transmission des Alarmes (Mistral). L'originalité technique porte ici surtout sur la gestion des différents sous-ensembles informatiques (Système Normalisé de Commande Informatique, Système Normalisé de Programmation Informatique, SUIVI, Module Fédérateur des Alarmes...) réalisée grâce à 25 machines de type PC industriel fonctionnant sous Windows NT et raccordées par un réseau informatique local doublé, permettant l'interfaçage avec les modules d'enclenchements de type PRCI, MCKT et SEI. Cette configuration technique, où l'étage « enclenchement » est nettement distinct de l'étage « commande/contrôle », permet ainsi d'offrir à l'exploitant une interface Homme/Machine évoluée, adaptée à l'environnement de travail, qui présente sous une forme cohérente toutes les fonctionnalités de commande-contrôle utiles et fournit la possibilité de moduler la configuration des postes de travail.

Enfin, des solutions originales pour la couverture des risques liés aux vents latéraux et aux phénomènes sismiques ont été mises en œuvre.

Ainsi, avec la création de la LGV Méditerranée une étape supplémentaire a été franchie dans l'évolution des technologies mises en œuvre dans le domaine de la signalisation, en accélérant le passage de l'ère du « tout relais » ou presque, à l'ère du « tout informatique » ou presque...

Une telle évolution technologique n'est pas neutre vis-à-vis des métiers, tant pour l'exploitant que pour le mainteneur.

## ■ La prise en compte de la maintenance dès la conception

Les méthodes et moyens d'investigations mis en œuvre sur les installations de signalisation équipant le réseau ferroviaire doivent être adaptés à la technologie de ces systèmes. De nouveaux outils de maintenance, dont l'utilisation nécessite de nouvelles procédures et de nouvelles règles, ont donc été conçus simultanément aux systèmes eux-mêmes, avec l'objectif de mettre à disposition de l'opérateur de maintenance des moyens pratiques et performants.

La perception du bon fonctionnement ou non de l'installation, basée auparavant sur l'observation visuelle de relais ou la mesure directe de grandeurs électriques, est maintenant complétée par la consultation de terminaux informatiques permettant l'analyse de dialogues ou la lecture des fichiers de données. Les systèmes modernes possèdent, de construction, une interface de maintenance et des logiciels permettant d'enregistrer et de présenter à l'agent de maintenance les différents états de fonctionnement et de lui signaler les éléments défaillants.

L'opérateur de maintenance a de ce fait une approche plus fonctionnelle du système sur lequel il intervient, si bien que son action est rapidement orientée vers la localisation du sous-ensemble défaillant, et sa substitution. Son activité évolue

ainsi vers une maintenance découpée par niveau.

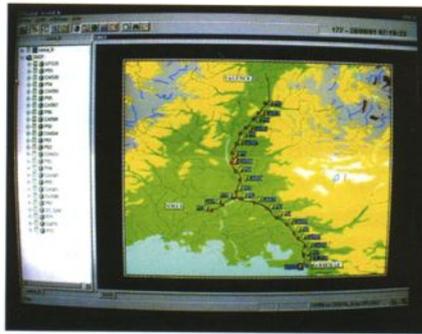
La modularité et la redondance des nouveaux systèmes permettent des interventions rapides, de plus en plus transparentes pour l'exploitant.

## ■ Les systèmes informatisés d'aide à la maintenance

Les systèmes informatisés d'aide à la maintenance ont évolué avec les différentes générations de lignes à grande vitesse. Tout d'abord limités à la TVM avec le SAM (Système d'Aide à la Maintenance) sur Paris Lyon, le SIAM 300 sur la LGV Atlantique, puis avec le SIAM 430 sur la LGV Nord et le contournement de Lyon, ils se sont étendus par la suite à tous les systèmes informatiques.

Avec les SILAM (Système Informatique Local d'Aide à la Maintenance) et SICAM (Système Informatique Central d'Aide à la Maintenance) pour les SEI, les modules de maintenance et d'archivage pour Mistral mais aussi pour les systèmes RDS (Réseau de Détection Sismique), DVL (Détection de Vents Latéraux) ou les DBC (DéTECTEURS de Boîte Chaude), ils occupent aujourd'hui une place prépondérante.

Pour que les interventions de maintenance soient réalisées avec le maximum d'efficacité et pour diminuer les temps d'indisponibilité de l'infrastructure, l'informatique et les



**Fig. 17** - Image du terminal technique du réseau de détection sismique

réseaux de transmission de données ont également permis de développer ces dernières années des moyens puissants de surveillance à distance avec la 2<sup>ème</sup> génération de SIAM ST (Système Informatique d'Aide à la Maintenance Signalisation Télécommunication).

Mis en œuvre, entre autres, sur l'ensemble des LGV du Sud-Est en 2001, ce système de télésurveillance permet aux agents de maintenance d'accéder à un nombre important d'informations sur les installations réparties le long de la ligne et ouvre la voie, à terme, à la maintenance prévisionnelle. Associée aux systèmes d'aide à la maintenance, évoqués ci-avant, la télésurveillance donne à l'agent de maintenance des moyens d'alerte et d'alarme sur les installations critiques dont il a la charge, soit principalement, les appareils de voie, les circuits de voie, les alimentations et les modules informatiques (figure 18).

## ■ La supervision des installations

Pour compléter le dispositif et permettre aux services de maintenance d'avoir la maîtrise complète de leurs actions, il fallait qu'ils puissent être informés immédiatement de toute anomalie ou incident. D'où l'idée de centraliser en un lieu unique les moyens d'exploiter de façon perma-

nente les systèmes de télésurveillance. La mise en place d'un premier centre de supervision basé à Lyon contrôlant l'ensemble de l'axe LGV de Paris à Marseille et ses prolongements sur lignes classiques, dont la zone de Marseille dans un premier temps, s'est concrétisée à l'occasion de la mise en service de la LGV Méditerranéenne.

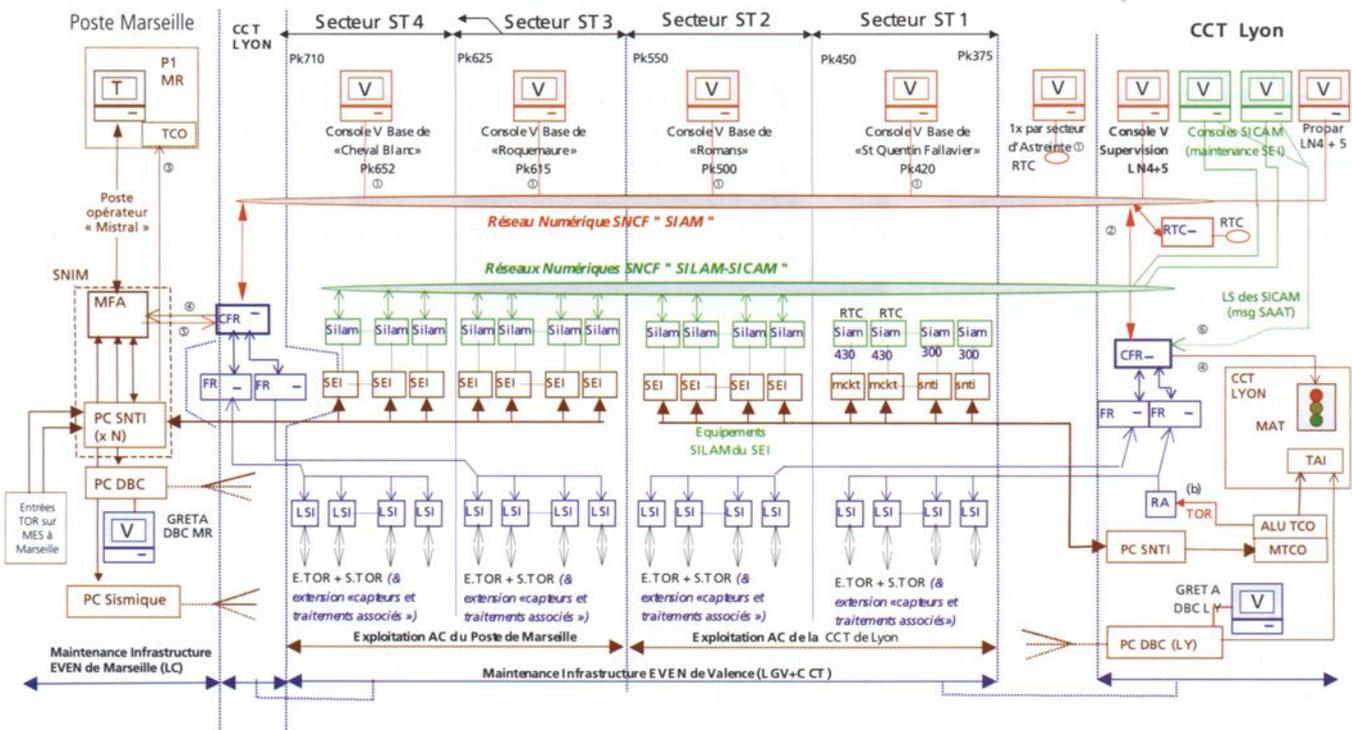
Ce centre (figure 19) a été doté de moyens performants :

- des consoles permettent de visualiser l'état des installations de sa zone d'action par consultation des différents systèmes de télésurveillance ou d'aide à la maintenance ;
- un logiciel de gestion des listes d'appel des agents de maintenance fonctionnant sur Intranet offre à partir d'une base de données centralisée, mise à jour par les établissements de l'Équipement, la possibilité de déterminer les coordonnées des agents à contacter par simple localisation du lieu de l'incident sur une carte graphique ;
- une main courante électronique sert à garder la trace des incidents traités et à transmettre par e-mail, en temps réel, les premières informations aux services concernés ;
- des moyens de communication adaptés.

Tenu 24h/24 et 7j/7 par des agents de l'Équipement, expérimentés dans le domaine de la maintenance, le centre de supervision est conçu pour déclencher les interventions pour tout incident affectant l'infrastructure. Ainsi, il reçoit en temps réel toutes les alarmes issues des systèmes de télésurveillance, ou bien les signalements des exploitants ; il conduit une première analyse sur l'origine de l'incident et appelle les services de maintenance concernés dans les plus brefs délais. Il prend finalement en charge une tâche qui traditionnellement était assurée par l'exploitant lui-même, tout en apportant une plus-value par ses compétences « métier » et grâce aux équipements mis à sa disposition.



**Fig. 16** - Terminal de maintenance Mistral



**Fig. 18** - Principe d'architecture des systèmes de transmission des informations de maintenance des équipements de la LGV Méditerranée

Pour la première fois, les services de maintenance disposent de l'ensemble des moyens pour suivre en permanence l'état des installations et intervenir dès que c'est nécessaire.

Cette organisation de la maintenance est de nature à permettre des gains significatifs dans les délais de remise en état des installations, que ce soit au stade de l'appel, de l'acheminement ou de

l'intervention, et par conséquent à améliorer la disponibilité de l'infrastructure.

L'aide logistique apportée par cette nouvelle entité aux agents de maintenance, mais aussi la diminution des contraintes qui pesaient jusqu'à présent sur l'exploitant au stade de l'appel des agents à un moment où il doit se concentrer sur la gestion « mouvement » de l'incident, contribuent à améliorer la qualité du service offert à nos clients.



**Fig. 19** - Centre de supervision

## Les prochaines évolutions

La quantité de plus en plus importante et la qualité des informations mises à la disposition du mainteneur sur les installations dont il a la charge lui apportent une connaissance intime de celles-ci. Déjà, dans certains cas, il peut déceler des anomalies

lies fugitives et intervenir avant la panne fatale.

Demain, dans un avenir proche, grâce à la télésurveillance notamment et à des capteurs élaborés, actuellement en cours de développement, il disposera de systèmes experts plus nombreux, plus évolués, mieux adaptés à la surveillance des installations dont la disponibilité doit être maximale. La surveillance automatisée des constituants sensibles de l'infrastructure ferroviaire, tels que les sous-stations traction, la caténaire, les organes de signalisation, les appareils de voie, fournissant des informations précieuses sur l'état réel de ces installations constitue aujourd'hui, par les enjeux qu'elle sous-tend, un axe de recherche appliquée prioritaire.

## Conclusion

L'expérience acquise après vingt années d'exploitation de lignes à grande vitesse a clairement montré que la prise en compte de la maintenance dès la conception des produits ou des systèmes est un élément essentiel pour obtenir un niveau de disponibilité compatible avec les performances attendues. Elle est rendue possible grâce à une collaboration étroite et fructueuse entre les ingénieries de conception et de maintenance d'une part et entre les différents services de maintenance, du prescripteur à l'opérateur, d'autre part.

Par ailleurs, le mode d'exploitation et les technologies mises en

œuvre ont conduit à développer des systèmes experts pour réaliser une surveillance approfondie des systèmes d'exploitation, et fournir à l'agent de maintenance des informations de plus en plus précises. Ces systèmes permettent d'évoluer vers une maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle et contribuent à une meilleure fiabilité des installations ainsi qu'à une meilleure réactivité en cas d'incident.

Ainsi, la politique de maintenance des installations électriques a pu et a su accompagner la forte croissance de trafic observée sur les lignes à grande vitesse, en garantissant un niveau de qualité toujours amélioré.



PAISIBLE APRÈS-MIDI  
EN PROVENCE



## Pour une vie plus calme, Speno a créé un chef-d'oeuvre

De nos jours, les trains meuleurs Speno sont à la pointe du progrès.

Le train Speno de 80 meules est la solution " dernier cri " pour les chemins de fer à hautes performances - et en particulier pour le prestigieux TGV Méditerranée de la SNCF.

Spécialement conçu pour réduire les nuisances sonores, le train Speno réalise un meulage préventif de qualité acoustique en une seule passe.

Speno - un art raffiné du meulage.



### SPENO INTERNATIONAL SA

26, Parc Château-Banquet, CP 16, 1211 Genève 21, Suisse

Tel: (022) 906 46 00 - Fax (022) 906 46 01

e-mail: info@speno.ch