



En raison de son poids et afin de faciliter son téléchargement, le rapport a été découpé en deux fichiers. Pour permettre la navigation entre les fichiers, utilisez la table des matières active (signets) à gauche de l'écran.

n° 2004-0085-01

janvier 2005

## Augmentation de capacité de la ligne à grande vitesse PARIS-LYON

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Rapport n° 2004-0085-01

**AUGMENTATION DE CAPACITE  
DE LA LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS-LYON**

établi par

Henri-Georges BAUDRY  
Bertrand DESBAZEILLE  
Yves DURAND-RAUCHER  
Jacques PELLEGRIN  
Olivier SCHMITT

Destinataire  
M. le directeur des Transports terrestres

---

## note à l'attention de

Monsieur Patrice RAULIN,  
Directeur des Transports terrestres

ministère  
de l'Équipement  
des Transports  
de l'Aménagement  
du Territoire  
du Tourisme  
et de la Mer



conseil général  
des Ponts  
et Chaussées  
le vice-président

La Défense, le **18 JAN. 2005**

Rapport n° 2004-0085-01

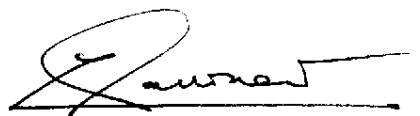
Par lettre du 27 avril 2004, vous m'avez demandé de diligenter une mission d'expertise sur les problèmes de capacité qui vont se poser sur la ligne à grande vitesse Paris-Lyon et notamment sur le choix du système de signalisation à installer au sol et sur le parc de rames TGV devant emprunter cette ligne.

Je vous adresse ci-joint le rapport établi par MM. Jacques PELLEGRIN, Henri-Georges BAUDRY, Bertrand DESBAZEILLE, Olivier SCHMITT, Yves DURAND-RAUCHER préconisant d'opter pour le futur système ERTMS.

Il est souhaitable d'arrêter dès maintenant une option dans ce sens, sachant que la décision définitive ne pourra être prise qu'après les retours d'expérience des cinq projets-pilotes européens en cours d'installation (le TGV-Est est l'un de ces cinq projets-pilotes). La mission du CGPC n'a pas pu établir de contact suffisamment approfondis avec les responsables des Pays-Bas, d'Italie, d'Espagne et de Suisse parce que leurs projets ne sont pas encore en service et qu'il est donc prématuré de préjuger des retours d'expérience.

La proposition des auteurs de ce rapport suppose une répartition des dépenses entre SNCF et RFF qui soit adaptée au contexte de ce projet.

Ce rapport me paraît communicable aux termes de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 modifiée, sauf objection de votre part, dans un délai de deux mois.



Claude MARTINAND

**Diffusion du rapport n° 2004-0085-01**

- M. le directeur des Transports terrestres
- M. le président de la 4<sup>ème</sup> section
- Mme la présidente de la 2<sup>ème</sup> section
- M. le président de la 3<sup>ème</sup> section
- M. le chef de l'IGACEM
- M. Henri-Georges BAUDRY
- M. Bertrand DESBAZEILLE
- M. Yves DURAND-RAUCHER
- M. Jacques PELLEGRIN
- M. Olivier SCHMITT
- M. Christian de FENOYL
  
- Archives

**AUGMENTATION DE CAPACITE  
DE LA LIGNE A GRANDE VITESSE PARIS-LYON**

établi par

Henri-Georges BAUDRY  
Bertrand DESBAZEILLE  
Yves DURAND-RAUCHER  
Jacques PELLEGRIN  
Olivier SCHMITT

Destinataire  
M. le directeur des Transports terrestres

INTRODUCTION.....	5
1. EVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ET TRADUCTION EN BESOIN DE SILLONS SUPPLEMENTAIRES.....	7
1.1. Analyse de la situation actuelle.....	7
1.2. Prévisions à l’horizon 2012.....	9
2 PROBLEMATIQUE DU 13 <sup>ème</sup> SILLON.....	11
2.1. Une proposition de RFF.....	11
2.1.1. Description technique du graphique à 13 sillons.....	11
2.1.2. Problématique de la robustesse de la grille à 13 sillons.....	12
2.1.3. Les sillons pour la LGV Rhin-Rhône.....	13
2.2. Les risques.....	14
2.3. Un projet très audacieux et novateur de RFF : le cadencement en réseau.....	14
3 LES VARIANTES DU PROJET.....	16
3.1. TVM 430 (et ERTMS) dite variante « TVM 430 ».....	16
3.1.1. Investissements en matériel roulant.....	16
3.1.2. Investissements en infrastructure.....	16
3.2. ERTMS (en superposition de la TVM 300) dite variante « ERTMS ».....	17
3.2.1. Investissements en matériel roulant.....	17
3.2.2. Investissements en infrastructure.....	19
3.3. Variante « Pasilly ».....	19
4 COMPARAISON DES PROJETS ET PRESENTATION DES BILANS.....	20
4.1 Variante limitant la TVM 430 au Sud de Pasilly.....	20
4.2 Comparaison des deux autres variantes.....	21
4.2.1. Hypothèses.....	21
4.2.2. Présentation des scénarios proposés.....	22
4.2.3. Bilans.....	23
4.2.4 Consolidation des bilans LN 1 avec ceux de la liaison Perpignan-Barcelone .	30
4.2.5. Comparaison avec les bilans économiques présentés par la SNCF.....	31
5 RADIO SOL-TRAIN.....	32
6 AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES.....	34
6.1 Alimentation électrique.....	34
6.2 Paris-Gare de Lyon.....	34
7. LE PARC TGV.....	36
7.1. Migration vers ERTMS du parc TGV.....	36
7.2 Imbrication des décisions relatives à Perpignan-Barcelone à l’augmentation de capacité de la LN 1 Paris-Lyon. ....	37
8. LES EQUIPEMENTS AU SOL DES FUTURES LIGNES A GRANDE VITESSE..	39
8.1 Perpignan-Figueras-Barcelone.....	39

8.2	Contournement de Nîmes et de Montpellier .....	40
8.3	Rhin-Rhône, 1 <sup>ère</sup> phase Dijon-Mulhouse.....	41
8.4	Angoulême-Bordeaux .....	42
8.5	Autres lignes.....	42
9	APPRECIATION DES RISQUES.....	43
9.1	Risques relatifs à la variante TVM 430 (plus ERTMS).....	43
9.1.1	Le chantier de substitution de la TVM 430 à la TVM 300.....	43
9.1.2	La pérennité de la TVM 430 .....	43
9.1.3	Le bistandard réduit.....	44
9.2	Risques relatifs à la variante ERTMS (sur TVM 300).....	44
9.2.1	Risque que la mise au point prenne du retard.....	44
9.2.2.	Risque que ERTMS n’atteigne pas la fiabilité requise. ....	44
9.2.3.	Risque d’évolution trop rapide de la STI.....	45
10	DEVELOPPEMENTS HORS DE FRANCE.....	46
10.1	La partie GSM-R de ERTMS.....	46
10.2	La partie ETCS de ERTMS.....	46
10.3	Les perspectives au-delà des projets pilotes.....	47
11	POTENTIALITES ULTERIEURES.....	49
11.1	Perspective à moyen terme.....	49
11.2	Perspective à long terme. ....	49
11.3	Le niveau 3 d’ERTMS .....	50
11.4	Regard prospectif .....	50
12.	UN PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE POUR FINANCER ERTMS .....	51
13.	REPARTITION DES CHARGES ENTRE SNCF ET RFF.....	53
14.	CONCLUSIONS GENERALES.....	55
	ANNEXE 1 : Lettre de commande.....	59
	ANNEXE 2 : Liste des personnes contactées .....	61
	ANNEXE 3 : Nombre de circulations en sens impair au départ de Gare de Paris Lyon .....	63
	ANNEXE 4 : La structure du graphique et l’horaire cadencé en France. ....	65
	ANNEXE 5 : Coût des adaptations à ERTMS de matériels à l’étranger. ....	68
	ANNEXE 6 : Calcul détaillé des bilans économiques .....	71
	ANNEXE 7 : Note sur les problèmes de transition dans le domaine aéronautique. ....	77
	ANNEXE 8 : Description sommaire du système ERTMS niveau 2 .....	80
	ANNEXE 9 : Carte des futures LGV prises en compte dans ce rapport.....	84
	ANNEXE 10 : Tracé de la LN 1 Paris-Lyon.....	85
	ANNEXE 11 : Glossaire .....	86



## RESUME

La capacité de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon est limitée à 12 trains par heure et par sens (un train toutes les quatre minutes sur le panneau d'affichage des départs). L'augmentation de la capacité de cette ligne est nécessaire à terme en raison de la forte demande et de la conséquence des décisions déjà prises pour la construction de lignes nouvelles. Il existe un consensus entre la SNCF et RFF sur l'objectif à terme de 15 trains par heure et par sens (un train toutes les trois minutes sur le panneau d'affichage des départs) et sur la nécessité, pour atteindre cet objectif, de modifier le système de signalisation. Deux variantes sont envisagées : l'une privilégie la technique éprouvée déjà largement utilisée en France de la TVM 430. L'autre privilégie ERTMS, technique future décidée par la Commission Européenne pour harmoniser l'ensemble des réseaux européens.

Le projet européen ERTMS niveau 2 n'est pas encore entré dans une **phase opérationnelle**. Alors que de grands espoirs sont fondés sur lui par des acteurs du système ferroviaire, notamment les industriels et la Commission Européenne qui le soutient, la mission du CGPC constate que les risques du système ne sont pas levés. Ainsi les spécifications ne sont pas encore stabilisées, aucun des cinq projets pilotes en Europe n'a encore abouti en exploitation quotidienne, l'interopérabilité elle-même pose encore question et enfin l'homologation sol et bord n'est attendue en France pour le bistrandard complet (double équipement ERTMS + TVM 430 à bord) qu'en avril 2007. Il n'a pas encore été démontré qu'ERTMS offre un niveau de fiabilité équivalent à celui de la TVM 430 pour faire passer 15 trains par heure et dans chaque sens. L'installation d'ERTMS sur la LN 1 Paris-Lyon ne pourra se faire que si et quand il aura été démontré qu'ERTMS fonctionne avec le débit de 15 trains à l'heure et avec une fiabilité au moins équivalente à celui de la TVM 430.

Le risque qui paraît le plus important à la mission est le **retard à la mise au point** de ERTMS. Les rendez-vous avec HSL Zuid et avec le TGV Est européen ne seraient pas respectés, ce qui obligerait à limiter provisoirement la vitesse à 220 km/h en utilisant une signalisation latérale ou de retarder la mise en service du tronçon allemand de la liaison Paris-Francfort. Les conséquences sur le TGV Rhin-Rhône seraient nulles pour autant qu'il soit confirmé qu'une restructuration du graphique peut permettre d'atteindre 13 sillons à l'heure.

La mission du CGPC recommande pourtant le choix d'ERTMS niveau 2.

L'échéance d'une modification du système de signalisation de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon retentit fortement sur le choix de la variante. Une échéance proche impose de choisir de la variante TVM 430, la seule qui soit disponible aujourd'hui. Or, il apparaît crédible aujourd'hui de retarder cette échéance en mettant en œuvre le passage de 12 à 13 sillons sans modification du système de signalisation, avec les mesures d'accompagnement adéquates. Cette perspective, encore à l'examen aujourd'hui, justifie que soit examinée l'hypothèse de la variante ERTMS.

Sur le **plan économique**, les variantes ERTMS sont toutes moins coûteuses pour la collectivité que l'installation de la TVM 430 et tout particulièrement dans le cas très probable de restructuration du graphique (13<sup>ème</sup> sillon). Par ailleurs, dès lors que Bruxelles adopterait une attitude d'incitation financière à la mise en place de la spécification technique d'interopérabilité du système de contrôle commande pour les matériels roulants SNCF à retrofiter, ce qui reste encore à démontrer aujourd'hui, seule bien sûr la solution ERTMS en bénéficierait et l'écart avec la solution classique TVM 430 serait nettement agrandi. Dans le chapitre 4, des calculs de sensibilité des bilans aux variations possibles des paramètres sont effectués.

ERTMS fait appel aux **technologies numériques** récentes de l'informatique et des télécommunications, ce qui le rend plus souple que la TVM 430 dérivée de la TVM 300 purement analogique.

ERTMS est **ouvert à tous les industriels**, notamment les six d'UNISIG, qui peuvent concourir dans un marché ouvert en Europe. Ce sont d'ailleurs eux qui réalisent les cinq projets pilotes après appel d'offres. Il n'y aurait plus de marchés captifs, comme pour la TVM en France avec CSEE/ANSALDO, la LZB en Allemagne avec SIEMENS ou encore pour l'ASFA en Espagne avec DIMETRONIC.

Enfin ERTMS semble ouvert à des **potentialités ultérieures**, pouvant aller jusqu'à 18 sillons par heure et par sens, bien que les spécifications et les tests ne permettent pas encore de l'affirmer avec certitude. En revanche la TVM, ne saurait aller au delà de 15 sillons par heure, car son bloc ne sera pas une nouvelle fois découpé au prix d'une nouvelle, intervention délicate et coûteuse.

**Aussi la mission du CGPC recommande t-elle la solution ERTMS niveau 2** (superposé à la TVM 300), en exprimant sa confiance dans la mise au point du projet, après 15 ans d'études, de spécifications et de tests avec les industriels et dans sa capacité à surmonter les risques inhérents à une opération qui n'est pas encore totalement mûre. Le processus engagé semble réellement convergent et cette solution paraît bien répondre aux attentes et aux défis du chemin de fer de demain. Cette conclusion n'étant pas celle qui était prônée par la SNCF à l'origine de cette mission, les raisons de cette différence d'appréciation sont indiquées au chapitre 4 (paragraphe 4.2.2). Le partage des dépenses entre SNCF et RFF devra faire l'objet de disposition particulières telles que celle proposées au chapitre 13.

Cette option se traduit, compte tenu des réflexions menées dans ce rapport, par les choix suivants **d'équipement au sol** :

- ERTMS niveau 2 superposé à TVM 300 sur la **LN 1 Paris-Lyon**,
- ERTMS niveau 2 et TVM 300 ou 430 sur la **branche Dijon Mulhouse du TGV Rhin-Rhône**,
- ERTMS niveau 2 seul pour les circulations voyageurs sur la LGV **Perpignan – Barcelone**. Le cas échéant, ERTMS devrait être doublé temporairement par une signalisation latérale.

Les choix des variantes de signalisation sur Perpignan-Barcelone et sur la LN 1 Paris-Lyon sont liés en ce sens que si ERTMS est décidé sur Perpignan-Barcelone, le retrofit des rames de Paris Sud-Est sera engagé et la conséquence logique sera alors d'équiper en ERTMS la LN 1 Paris-Lyon. C'est en février 2006 que l'Etat français doit, en concertation avec l'Etat espagnol, faire connaître la décision au concessionnaire.

- Pour le tronçon Angoulême-Bordeaux, premier tronçon des prolongements décidés vers l'Atlantique et la Bretagne, il est recommandé que l'étude de la signalisation de cette ligne nouvelle porte sur les deux variantes de base (ERTMS et TVM 430) et aussi sur une variante en TVM 300 qui permettrait, si elle est possible, d'économiser le retrofit de 85 rames, soit environ 100 M€.

## INTRODUCTION

La ligne à grande vitesse Paris Lyon (LN 1) est la plus chargée du réseau ferré national et elle devrait être confrontée à moyen terme à des problèmes de saturation. Equipée du système de contrôle commande Transmission Voie-Machine (TVM 300), elle présente en effet une capacité opérationnelle limitée à 12 sillons horaires par sens.

Par ailleurs, la directive européenne 96/48 et la décision de la Commission du 30 mai 2002, approuvant la spécification technique d'interopérabilité (STI) relative au sous système « contrôle commande et signalisation » du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse, prescrivent la mise en place du système européen European Rail Traffic Management System (ERTMS) sur les lignes nouvelles à grande vitesse ou en cas de travaux importants sur le système de signalisation. La ligne LN 1 Paris-Lyon relève de cette catégorie et la mise en place d'ERTMS permettrait d'en augmenter la capacité à 15 sillons par heure, sans gros travaux sur la voie, limitant ainsi les impacts sur l'exploitation durant cette installation.

Ce projet implique cependant l'équipement progressif de la totalité du parc de matériel roulant amené à circuler sur cette section du réseau, à moins de déployer la TVM 430 en superposition à l'ERTMS.

Le développement des lignes nouvelles à grande vitesse, engagé ou programmé, aussi bien en France (notamment la LGV Est, la première étape de la branche Est du TGV Rhin Rhône, la LGV SEA et Bretagne/Pays de la Loire), qu'en Europe, (la ligne HSL Zuid (Belgique et Pays-Bas), la section Perpignan-Figueras – Barcelone, se poursuit à un rythme soutenu et ces lignes seront dès l'origine équipées au sol d'ERTMS. Cette signalisation ERTMS supposera également l'équipement de rames affectées à ces liaisons et aura des liens, étroits pour certains, avec les choix qui seront faits pour la LN 1.

Le directeur des Transports terrestres a demandé, par lettre du 27 avril 2004 (voir annexe 1), que le Conseil Général des Ponts et Chaussées puisse diligenter une expertise qui porterait sur l'optimisation des scénarios de migration vers ERTMS, l'analyse des diverses possibilités techniques et les impacts économiques, financiers, et sociaux de celles-ci.

Dans ce cadre la mission du CGPC a examiné les aspects suivants :

- L'évolution de la demande de transport sur LN 1 et sa traduction en termes de sillons supplémentaires,
- La problématique du 13<sup>ème</sup> sillon sur LN 1,
- Les investissements de capacité à prévoir, autres que de signalisation, pour permettre les sillons ultérieurs (renforcement de l'alimentation électrique de la ligne, aménagements à prévoir dans l'avant-gare et la gare de Paris Lyon)
- Les variantes possibles pour le contrôle commande afin de répondre à la demande :
  - .ERTMS sur TVM 300 ( ou variante « ERTMS »)
  - .TVM 430 et ERTMS( ou variante « TVM 430 »)
  - .TVM 430 limitée à Pasilly (variante « Pasilly »)

Ces variantes sont étudiées dans plusieurs scénarios.

- La comparaison technique et économique de ces variantes,
- L'état du projet GSM-R, indispensable pour ERTMS de niveau 2,
- La migration à long terme du parc TGV et du réseau des lignes TGV,

- Les équipements au sol à prévoir pour les futures LGV (Rhin-Rhône, Perpignan-Figueras - Barcelone, Sud Europe Atlantique (SEA)...),
- L'appréciation des risques,
- Les développements hors de France,
- Les potentialités ultérieures,
- L'hypothèse d'un partenariat public-privé,
- La répartition des charges entre la SNCF et RFF.

# 1. EVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ET TRADUCTION EN BESOIN DE SILLONS SUPPLEMENTAIRES

Il importe tout d'abord de voir la situation actuelle de la gare de Paris Lyon avant d'examiner l'évolution de la demande de transport et les sillons supplémentaires à offrir pour y répondre. Les éléments qui vont suivre sont extraits d'une note de la Direction de la Stratégie grandes lignes de la SNCF, qui recueille l'accord de la mission du CGPC et tente de répondre à la question : **peut-on envisager de différer la modernisation du système d'espacement de la LN 1 ?**

## 1.1. Analyse de la situation actuelle

En annexe 4 figurent différents tableaux décrivant de façon factuelle les circulations sur la LN 1. Les paragraphes qui suivent s'appuient sur ces tableaux.

*Dans le sens impair* (Paris vers la province) le nombre journalier de circulations entre Vergigny et Pasilly (c'est-à-dire sur le tronçon nord de la LN 1), au cours de la semaine du 15 au 21 mars 2004, a varié entre 118 (le samedi) et 144 (le vendredi). Il a été en moyenne de 132. Cette semaine est une semaine banale d'hiver. Par comparaison, et à titre illustratif, le samedi 21 février 2004 du grand chassé croisé d'hiver a enregistré 144 circulations impaires et 162 circulations paires.

Le jour ouvrable banal de cette semaine ordinaire d'hiver se caractérise par 11 circulations par heure entre 8h et 9h ("job"), et entre 19h et 21h, et 12 circulations entre 18h et 19h. Le vendredi le débit de 12 trains est atteint pendant 4 heures consécutives entre 17h et 21h. Le débit de 11 trains ou plus est atteint pendant 25 heures pour l'ensemble de la semaine.

Au total la semaine banale d'hiver compte 925 circulations impaires dont 120 correspondent à un débit horaire de 12 trains et 165 correspondent à un débit horaire de 11 trains. Les heures où passent au moins 11 trains cumulent donc 285 circulations soit environ 30% des trains et plus du tiers du trafic puisque c'est dans ces trains que les coefficients d'occupation des places sont les plus élevés et approchent, voire dépassent, 100% au départ ou à l'arrivée à Paris.

Un zoom sur la tranche 18-19h (à Pasilly) qui atteint 12 trains en semaine banale, montre que les destinations desservies au départ de Paris-Lyon sont :

- Besançon 1 fois,
- Marseille, 2 fois,
- Montpellier, 1 fois,
- Lyon (et St Etienne), 2 fois,
- Grenoble, 1 fois,
- Genève, 1 fois,
- Chalon-sur-Saône, 1 fois,
- Miramas, 1 fois,
- Vallorbe, 1 fois,
- Grenoble, 1 fois depuis Nantes par un TGV Jonction.

On note que deux rames (Besançon et Vallorbe) bifurquent sur la ligne à Pasilly, et que ces rames, dites Bourgogne et Suisse, roulent à 270 km/h au lieu de 300 km/h et donc consomment plus qu'un sillon standard. Autrement dit, la capacité pratique de 12 sillons standards, qui correspond à 75% (taux d'occupation maximale normalement admissible selon la fiche UIC 405-1 R janvier 1979) de la capacité théorique déduite du bloc, est dépassée en exploitation courante.

Les destinations desservies 2 fois bénéficient toutes de rames Duplex, le plus souvent en Unités Multiples. Dans la demi-heure qui précède comme dans celle qui suit, Lyon est desservi par une

Unité Multiple Duplex. Dans l'heure qui précède, Marseille est desservie par une Unité Multiple Duplex. Dans l'heure qui suit, Marseille n'est pas desservie.

*Dans le sens pair* (de la province vers Paris), le problème est moins aigu du fait que les trains parviennent sur la LN 1 de façon moins concentrée à cause de leurs différentes origines. En effet le débit de 11 trains est atteint seulement 14 fois dans la semaine.

Le taux d'occupation moyen sur l'axe Sud-Est est de 71% (tous trains toutes journées d'une semaine banale) se décomposant en 87% pour le vendredi dans le sens impair (moyenne de la journée), 75% pour le dimanche pair et 66% pour le (job). Sur l'axe Méditerranée<sup>6</sup>, les chiffres sont respectivement 74% (moyenne semaine), 87% (vendredi dans le sens impair) 72% (dimanche dans le sens pair) et 69% (jour ouvrable banal).

Si on neutralise l'année 2001 qui a vu la mise en service de la LGV Méditerranée, la croissance à partir de 2002 (6 mois de 2004 comparés à 6 mois de 2002) a été de 2,8% et ce, malgré une augmentation de plus de 9% de la recette moyenne par passagers (qui inclut un effet de structure entre 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> classes). Cette croissance (supérieure à celle du PIB qui pour mémoire a été de 1,2% et 0,5% en 2002 et 2003) concomitante à un tel relèvement de prix ne peut s'expliquer que par la sous capacité du parc à la mise en service du TGV Méditerranée en juin 2001. Cette sous capacité se résorbe progressivement depuis, par la livraison des rames Duplex au rythme de 11 par an. Le déficit d'offre sera définitivement comblé en 2005/6. D'ailleurs, le débit journalier moyen sur la LN 1 (2 sens de circulation) est passé de 240 en 2003 à 253 de janvier à mai 2004.

On peut tirer de cette analyse les conclusions suivantes :

**La capacité de la ligne est d'ores et déjà pleinement utilisée et il en résulte une certaine irrégularité.**

A cet égard, on peut citer les statistiques suivantes inquiétantes pour le TGV Sud-Est. Elle sont relatives aux neuf premiers mois de 2004 et confirment celles des années antérieures.

Pourcentage des TGV à l'heure au terminus (retard inférieur ou égal à 5 minutes)			
Ensemble des lignes TGV	TGV Nord	TGV Atlantique	TGV Sud-Est
85,3 %	87,1 %	86,3 %	82,2 %

- **Le vendredi dans le sens impair, le fait d'atteindre (en réalité de dépasser) le débit pratique maximal pendant 4 heures consécutives, rend l'exploitation très vulnérable à tout incident.**

L'utilisation actuelle de la ligne laisse une marge résiduelle très faible pour l'augmentation des fréquences ou la création de nouvelles dessertes à des heures intéressant la clientèle ; la principale réserve de croissance réside dans la possibilité d'augmenter l'emport par train. Depuis 2001, la

<sup>6</sup> l'axe Méditerranée désigne le Sud de Lyon, les trains desservant cet axe, majoritairement, ne s'arrêtent pas à Lyon. C'est ce qui explique que les statistiques distinguent « Méditerranée » et « Sud-Est ».

SNCF ne reçoit plus que des rames Duplex qui maximisent cet emport. Leur utilisation est concentrée sur la ligne nouvelle Paris-Lyon. En parallèle, la SNCF agit sur les tarifs et diminue le quota des places à prix réduit pour contenir la demande.

## 1.2. Prévisions à l'horizon 2012

Hors effet d'offre, c'est-à-dire à réseau constant, on peut considérer que l'élasticité du trafic TGV au PIB en volume par tête est de l'ordre de +0,8 avec la politique actuelle tarifaire et de contingentement des places.

En prenant l'hypothèse moyenne de croissance nationale indiquée dans l'instruction ministérielle du 25 mars 2004 pour l'évaluation économique des grands projets de transport, et avec l'élasticité précitée, il faut prévoir une croissance naturelle du trafic hors projets nouveaux de 1,8% par an. A l'échéance 2012, il conviendra donc d'acheminer 15 % de trafic en plus, hors projets nouveaux. On peut faire l'hypothèse que la moitié de cette croissance pourra être absorbée par augmentation de l'emport moyen par train.

Comme il n'y a pas de raison de penser que ce trafic supplémentaire se distribuera dans le temps différemment d'aujourd'hui, et puisque les taux d'occupation en pointe avoisinent 100%, le besoin en sillons supplémentaires dans ces périodes sera de 7,5%, soit 24 sillons par semaine (7,5% des 285 circulations correspondant aux heures où le débit atteint ou dépasse 11 trains). En semaine banale d'hiver les 15 heures à 11 trains passeront à 12 trains et les 9 heures à 10 trains passeront à 11 ou 12 trains.

Dès lors les périodes où le débit maximum sera atteint seront fréquemment de 2 voire 3 et 4 heures contiguës.

***En conclusion, la saturation de la LN 1 va s'accroître et porter sur des périodes de plus en plus longues rendant l'exploitation de la colonne vertébrale du système TGV très vulnérable.***

En outre la mise en service de lignes nouvelles décidées par le gouvernement, conduira à inscrire de nouveaux sillons en période de pointe : Rhin-Rhône un sillon en 2012 ; Haut Bugey pas de nouveau sillon ; Perpignan-Figueras pas de nouveau sillon en pointe.

Au total, la croissance de la demande « naturelle », sans contraintes, évoluerait ainsi, selon la SNCF en accord avec RFF et compte tenu de la mise en service des TGV Rhin-Rhône, Haut Bugey, Perpignan-Figueras, Lyon-Turin et PACA :

- 13 sillons en 2008,
- 14 sillons en 2012/2013,
- 17 à 18 sillons en 2020 et au-delà.

Face à ces besoins, la mission du CGPC prend en compte l'échéancier suivant pour le débit à l'heure de pointe qui contraint sensiblement la demande mais qui satisfait en priorité la demande Rhin-Rhône (2012). Cet échéancier, issu de diverses réunions de travail, est compatible avec les contraintes techniques des variantes envisagées :

- **13 sillons en 2012,**
- **14 sillons en 2017,**
- **15 sillons à une date à préciser en fonction de l'évolution réelle de la demande.**

Les bilans des solutions possibles pour augmenter la capacité de l'axe Paris-Lyon ont retenu ce calendrier, en fixant à 2020 l'horizon pour le 15<sup>ème</sup> sillon.

C'est vraisemblablement en agissant sur les prix que la demande pourrait être contrainte.

Le bridage de la croissance provoqué par la contrainte technique a un impact économique qui n'a pas été évalué dans ce rapport. L'étude de cet impact économique et socio-économique devrait intégrer tous les modes de transport.



## 2 PROBLEMATIQUE DU 13<sup>ÈME</sup> SILLON

La question du 13<sup>ème</sup> sillon sur la LN 1 aux heures de pointe fait l'objet d'un débat entre RFF et la SNCF qui n'est pas encore totalement clos à l'heure actuelle. Selon la réponse à cette question, il est ou non possible de créer, sans modification de la signalisation, une mission nouvelle en 2012 sur la branche Dijon-Mulhouse de la LGV Rhin-Rhône, ce qui retentit fortement sur l'urgence, ou la moindre urgence, d'augmenter la capacité de la LN 1 Paris-Lyon. Le présent rapport partira de l'analyse de RFF sur la faisabilité d'un graphique structuré à 13 sillons par heure, puis des arguments de la SNCF, et enfin d'éléments complémentaires sur le concept de l'horaire cadencé en réseau, avant d'exprimer le point de vue de la mission du CGPC.

### 2.1. Une proposition de RFF

L'élaboration par RFF d'un graphique à 13 sillons a été réalisée sur le périmètre global Paris (Gare de Lyon) - Montanay (bifurcation vers Lyon) de la LGV. La succession des départs de Paris-Gare de Lyon et le nombre total de sillons entre Paris et la bifurcation de Créteil (origine de la LGV, km 9) font partie du sujet et sont traités. Le présent document établit donc une faisabilité y compris en termes de robustesse du graphique.

Bien entendu, cette construction n'est valable que dans le cadre d'un graphique structuré : autrement dit, elle suppose l'enclenchement de la démarche "cadencement en réseau", qui permet, outre la réorganisation nécessaire des sillons décrite ci-dessous, une meilleure régularité par la plus grande maîtrise de leurs choix par les acteurs circulation.

#### 2.1.1. Description technique du graphique à 13 sillons

Trois contraintes sont prises en compte :

- le maintien de 6 sillons classiques par heure sur voies 1 et 2 entre Paris et la bifurcation de Créteil (origine de la LGV Sud-Est),
- la présence d'un sillon V270 par demi-heure, sortant à Pasilly vers Dijon,
- la présence une fois par heure d'un sillon "non domestiqué" couvrant Paris - Marseille en 3 heures (ce sillon est plus rapide de 2 minutes que tous les autres entre Paris et Lyon).

La construction repose sur la présence, deux fois par heure, de la séquence immuable suivante, qui optimise la succession des trains :

- un TGV vers Lyon, pouvant desservir Le Creusot ou Mâcon,
- un TGV V270 vers Dijon et au-delà (qui peut bien entendu être remplacé, en fonction des besoins, par un TGV V300 vers toute destination plus au sud),
- un TGV Intersecteurs (avec le même remplacement possible), plus rapide que le sillon V270 qui le précède mais ayant lui-même besoin d'une à deux minutes, en raison des contraintes de vitesse à l'insertion.

Cet ordonnancement met donc dans l'ombre les unes des autres les contraintes issues de la limitation de vitesse à 270 kmh des trains de la branche de Dijon (écart de temps de 2 mn), et de l'injection à Valenton / Yerres des trains issus de l'Atlantique.

Il est à noter que lorsque le TGV Intersecteurs allant vers Lyon vient de Lille, un TGV Intersecteurs en provenance de l'Atlantique et à destination du Nord occupe "l'ombre" de ce sillon entre Valenton / Yerres et Coubert.

Les sillons autres que ceux des deux séquences ci-dessus sont tous espacés de 4 minutes, à l'exception du cas particulier du TGV "accéléré" Paris - Marseille, et sont interchangeable. C'est la raison pour laquelle, ci-dessous, leur destination finale n'a pas été précisée.

La construction peut être la suivante, étant entendu qu'il ne s'agit que d'un exemple présenté pour le besoin de la démonstration :

**H+54 Lyon**

**H+58 Dijon (V270)**

**H+04 Intersecteurs (heure équivalente à Paris)**

H+08 (sillon standard TGV-PSE V300)

H+12 (sillon standard TGV-PSE V300)

H+16 (sillon standard TGV-PSE V300)

H+20 (sillon standard TGV-PSE V300)

**H+24 Lyon**

**H+28 Dijon (V270)**

**H+34 Intersecteurs (heure équivalente à Paris)**

H+38 (sillon standard TGV-PSE V300)

H+42 (sillon standard TGV-PSE V300)

H+48 *Marseille (sillon accéléré de 2 minutes)*

### **2.1.2. Problématique de la robustesse de la grille à 13 sillons**

Un raisonnement parfois tenu relatif à la saturation de la ligne s'appuie sur le nombre journalier de trains, compté sur l'ensemble de la journée, et rapporté à la règle UIC de 75%. Le critère de moyenne sur la journée ne paraît cependant pas le plus représentatif, ni le plus lié au taux de régularité. Le point important est celui de la capacité à écouler durant 1 à 2 heures consécutives un débit de pointe élevé.

L'expérience montre que la TVM procure une fluidité de circulation qui permet de circuler sans phénomènes d'accordéon visibles avec des taux de remplissage du graphique très supérieurs aux 75% évoqués. Des périodes horaires à 12 sillons par heure sont déjà planifiées, dans les 2 sens (y compris dans le sens pair entre 20h30 et 21h30 à Pasilly les dimanches).

Dès qu'un aléa majeur survient sur la LGV (suicide, heurt de gibier, enchevêtrement du pantographe avec caténaire, dérangement de zone,...) il est d'ores et déjà nécessaire, y compris en heures creuses, de détourner tout ou partie des trains par ligne classique.

La préoccupation ici est davantage celle de l'évolution de la capacité à résorber un **incident léger**, par exemple prendre en charge un train se présentant isolément désheuré en entrée de LGV, entre la grille actuelle et celle qui est proposée.

### **Au niveau du remplissage théorique du graphique, la comparaison est la suivante :**

Le taux de remplissage actuel (selon RFF) de la ligne à l'heure de pointe, sur la base des 12 sillons à Passigny : 8 sillons de Paris vers le sud, 3 vers Dijon (1 Besançon, 1 Chalon et 1 Vallorbe), et 1 Intersecteurs s'intégrant en ligne à Valentigney / Yverdon, est de :

$$8 \times 4\text{mn} + 3 \times 6\text{mn} + 1 \times 6\text{mn} = 56/60 = 93 \%$$

Le taux de remplissage du graphique à 13 sillons/heure préconisé par RFF est de :

$$9 \times 4\text{mn} + 2 (4+6) \text{mn} = 56/60 = 93\%$$

Il n'y a donc pas augmentation du taux de remplissage horaire en pointe, mesuré par compactage, entre la pointe actuelle, avec 12 sillons d'ordonnement non systématisé, et la grille proposée à 13 sillons.

### **Au niveau de la régularité :**

Des études faites relatives à la résorption des retards en cas de perturbation, la mission du CGPC retient que :

- les trains Paris - Lyon injectés avec 10 mn de retard gardent à peu près leur retard initial, mais les perturbations générées aux autres trains sont résorbées sur la LGV,
- le TGV intersecteur Lille – (Lyon) injecté avec 10 mn de retard génère des pertes de temps sur LGV de 2 à 6 mn sur 9 trains. Tous ces trains, y compris celui injecté avec 10 mn de retard, retombent dans leur sillon avant leur terminus, grâce à la mobilisation de leur marge de régularité sur les sections aval, au risque éventuel d'une perturbation sur les lignes classiques en aval,
- le TGV intersecteur (Lyon) – Lille injecté à Montanay avec 10 mn de retard gêne 1 TGV de 2 mn, retard résorbé à l'arrivée au terminus.

Il convient par ailleurs de noter que certains TGV doivent actuellement être tracés par Lieusaint en heure de pointe, ce qui les expose aux risques de conflit avec les autres familles de trains sur toute la traversée de la banlieue. Ce détournement ne sera plus nécessaire en situation structurée.

#### ***2.1.3. Les sillons pour la LGV Rhin-Rhône***

La grille proposée par RFF offre 2 sillons par heure vers Dijon.

Ce nombre semble suffisant pour permettre de desservir les différentes destinations au-delà de Dijon, vers Chalon, Lausanne et Bâle, sans renier les engagements de la Déclaration d'utilité publique.

En tout état de cause, si le trafic nécessitait de disposer de 3 sillons par heure vers Dijon, il serait facile d'y dévier l'un des 11 autres sillons, sous réserve qu'il ne soit pas utilisé par une rame limitée en vitesse à 270 km/h. Dans chaque heure seraient alors offerts 2 sillons à 270 km/h + 1 sillon à 300 km/h vers Dijon.

## 2.2. Les risques

Il est important de noter d'abord que la SNCF ne rejette pas d'emblée cette proposition de graphique à 13 sillons. Mais elle en craint les conséquences sur la robustesse du graphique et donc sur sa capacité à résorber des retards.

A l'heure où ce rapport est rédigé, la question maintenant lancée est en débat. L'enjeu de ce débat est important car la ligne à grande vitesse Paris-Lyon est la colonne vertébrale du réseau français à grande vitesse<sup>7</sup>, alors que la régularité aujourd'hui n'y est pas bonne et qu'il est donc exclu de prendre des risques supplémentaires sur cette régularité. Ce treizième sillon ne peut être admis que s'il aboutit à un résultat au moins aussi bon par des mesures de compensation d'ordre technique ou organisationnel.

L'attention de la mission du CGPC a été attirée par la suggestion faite par la SNCF d'associer à la grille de 13 sillons une re-motorisation des 18 rames Bourgogne et Lyria<sup>8</sup>, actuellement limitées à 270 km/h. Cette re-motorisation n'est pas strictement nécessaire à l'établissement du graphique, elle est étudiée pour faire face au cas, parfaitement possible, où un de ces trains serait retardé au départ et mis en circulation en dehors de son sillon réservé de 6 minutes. Ce programme de re-motorisation, s'il est retenu en définitive, prolongerait celui qui fut mis en œuvre pour 25 rames entre 2000 et 2002 en relation avec la mise en service du TGV Méditerranée (LN 5). La mission du CGPC ne se prononce pas sur la nécessité de prendre en compte totalement, ou partiellement, ce programme de re-motorisation. Dans ses bilans économiques, cependant, par précaution, la mission du CGPC intègre le coût estimé de la re-motorisation des 18 rames, soit 23,65 M€. Par ailleurs, l'analyse des incidents observés devrait conduire à définir les mesures propres à renforcer la robustesse opérationnelle de la grille et à maîtriser le passage à 13 sillons.

## 2.3. Un projet très audacieux et novateur de RFF : le cadencement en réseau

En réalité le projet de RFF ne se limite pas à établir d'une façon nouvelle un 13<sup>ème</sup> sillon sur la seule LN 1, mais à proposer, avec le graphique d'un cadencement en réseau, un projet très novateur et audacieux, appelé « structuration du graphique » ou « horaire cadencé en réseau » ou encore « cadencement généralisé ». Le vocabulaire n'est pas figé.

Le cadencement actuellement pratiqué n'est pas en réalité un vrai cadencement car sur Paris-Lyon, par exemple, il y a deux types de missions, les TGV directs et les TGV avec arrêt au Creusot par exemple. Ces derniers n'arrivent pas à la même heure à Lyon. Ils nécessitent un traitement de cadencement différent, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

Pourquoi faut-il repenser l'ensemble des horaires maintenant ?

- Les transporteurs de voyageurs souhaitent eux-mêmes le cadencement pour améliorer leur offre commerciale (TGV, TER, IDF) : la demande des Régions est forte,
- Le fret restructure aujourd'hui son offre,
- Le TGV Est impliquera de fait une forte restructuration de l'offre en 2007,
- L'ouverture du réseau impose une réponse motivée aux demandes de sillons, ne pouvant s'appuyer que sur une conception globale et intégrée,

---

<sup>7</sup> 50 % du chiffre d'affaires TGV de la SNCF est lié à la LN1.

<sup>8</sup> Les rames Lyria desservent Lausanne

- Les réseaux voisins sont pour beaucoup d'entre eux déjà cadencés ou le deviennent, comme le montre le tableau suivant :
  - La Hollande : depuis 1939,
  - La Suisse : depuis 1982,
  - L'Allemagne: depuis 1979 jusqu'en 1998, par étapes,
  - La Belgique : depuis 1984,
  - Le Danemark : depuis 1974
  - L'Autriche : depuis 1991.

Le basculement vers un horaire cadencé en réseau est prévu sur le réseau de RFF pour la fin 2007 sur les réseaux Est et Sud-Est. Un dossier sera monté fin 2005 par la SNCF pour l'approbation de la démarche.

Sans pouvoir se placer au niveau des experts horairistes, la mission du CGPC constate qu'il s'agit là d'un **concept puissant** de nature à augmenter le débit, à réduire ou tout au moins à retarder les investissements de capacité et à offrir un service nettement amélioré à la clientèle, qu'elle soit TGV ou non, ou bien fret en garantissant des sillons de qualité de jour. Pour la mission, cette idée devrait être prise en compte et partagée par l'entreprise ferroviaire, tout en prenant développant les outils appropriés pour mieux prévenir les incidents et assurer la maîtrise des conséquences des perturbations par rapport à un horaire fortement structuré.

**Il importe donc de poursuivre l'étude de l'horaire cadencé en réseau pour pouvoir respecter l'échéance de 2007.**

## 3 LES VARIANTES DU PROJET

### 3.1. TVM 430 (et ERTMS) dite variante « TVM 430 »

C'est le système qui sera mis en service sur la LGV Est.

#### 3.1.1. Investissements en matériel roulant

A la différence du TGV Est, qui verra la circulation de 15 rames POS et de 5 rames ICE équipées d'ERTMS, aucun matériel roulant n'est ici transformé pour pouvoir circuler, à court ou à moyen terme, sous ERTMS sur la LN 1 Paris-Lyon, pourtant équipée au sol d'ERTMS niveau 2. Le respect des obligations européennes est observé ici a minima.

Les seules transformations concernent le rééquipement en TVM 430 des 18 rames PSE actuellement équipées de la TVM 300, qui assurent des services vers la Bourgogne et la Suisse. Un coût de 19,7 M€<sup>9</sup> (CE2002) est à prévoir à ce titre (hors coût fixe et hors immobilisation).

Les autres rames circulant sur le réseau Sud-Est ont déjà été transformées pour la mise en œuvre du TGV Méditerranée.

Toutes les circulations utilisant la LGV Sud-Est seraient équipées de la TVM 430, permettant ainsi un débit de 15 sillons par heure.

#### 3.1.2. Investissements en infrastructure

Dans cette solution le coût des investissements en infrastructure est élevé, car il s'agit, outre l'équipement « sol » d'ERTMS peu coûteux, de redécouper les cantons de la TVM 300, d'une longueur de 2100 m en palier, en cantons courts de la TVM 430 d'une longueur de 1500 m en palier. Cette opération nécessite le recablage complet de toutes les installations de signalisation, le remplacement des postes actuels par des postes de type 300 I/TVM 430 et le renouvellement du poste d'aiguillage et de régulation (PAR).

Cette opération, qui demandera 6 à 8 ans, dont 4 ans de réalisation, est délicate sur le plan de l'exploitation puisqu'elle conduit à des interceptions simultanées des 2 voies de circulation durant des basculements d'une durée de 36 heures. L'étude prévoit 6<sup>10</sup> basculements au total pendant les deux années précédant la mise en service. Chaque basculement nécessite de mobiliser plus de 300 personnes. Les conséquences sur l'exploitation sont multiples, avec d'une part obligation pendant 6 week-ends de détourner des TGV par la ligne classique et allongement du temps de parcours de 2 heures, d'autres part réduction du service durant ces périodes car tous les TGV ne pourront trouver place sur la ligne classique, enfin éventuel allongement du temps pendant une période transitoire.

Le coût de l'opération complète est évalué à 298 M€ aux conditions économiques de 2002.

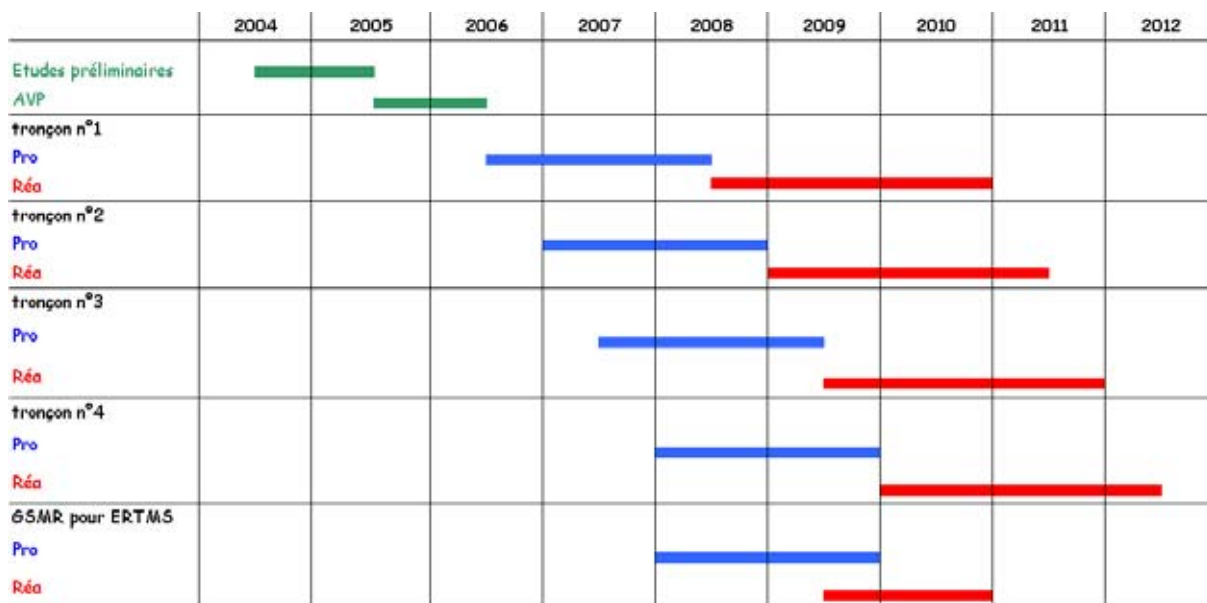
---

<sup>9</sup> 19,7 égale 18 rames x 1,06 euros (tableau page 18) plus 0,62 de coût fixe.

<sup>10</sup> Une étude préliminaire de mars 2001 prévoit 4 ou 9 basculements selon les hypothèses. Le nombre de six basculements n'est pas définitivement arrêté.

La perte commerciale d'ensemble a été chiffrée à 14 M€ par la SNCF, ce qui paraît modeste au regard de l'importance des perturbations que subira la clientèle.

La planification de principe de l'opération pourrait s'étaler entre 2004 et 2012 selon le graphique ci-dessous :



### 3.2. ERTMS (en superposition de la TVM 300) dite variante « ERTMS »

Dans cette variante, ERTMS niveau 2 est superposé à la signalisation existante TVM 300, qui équipe la LGV Paris Sud-Est.

#### 3.2.1. Investissements en matériel roulant

A l'inverse du cas précédent, cette variante conduit à des coûts importants d'équipement des matériels roulants, mais à des coûts très inférieurs pour l'infrastructure.

Pour assurer un débit de 15 sillons/heure sans restructuration du graphique, il convient d'équiper la totalité du parc amené à circuler sur la LN 1 Paris-Lyon. Les besoins en équipement du parc pris en compte pour pouvoir faire circuler 13 ou 14 sillons sont les suivants :

	Avec restructuration du graphique	Sans restructuration du graphique
13 <sup>ème</sup> sillon	0 %	50 %
14 <sup>ème</sup> sillon	50 %	80 %
15 <sup>ème</sup> sillon	80 %	100 %

Le nombre et la nature des rames à transformer et l'échéancier correspondant sont explicités pour chacun des scénarios dans le chapitre 4.

A la demande de la mission, la SNCF a revu à la baisse de coûts unitaires d'équipement relatifs aux rames neuves afin de tenir compte du résultat d'un récent appel d'offres relatif à l'équipement des rames POS. Les coûts relatifs au retrofit des rames existantes n'ont été que très faiblement réduits alors que, pourtant, la mission du CGPC estime vraisemblable que les coûts réels seront plus faibles<sup>11</sup>. La mission du CGPC a néanmoins tenu à prendre en compte un abattement de 20 0% des coûts relatifs aux rames Eurostar et Réseau - au demeurant peu nombreuses dans tous les scénarios – considérant que la transformation de la signalisation à bord pouvait être faite lors des opérations de rénovation de mi-vie.

Les coûts pris en compte dans ce rapport sont les suivants :

	Coûts variables en Millions d'€
Retrofit bistandard réduit d'une rame TVM 300	1,06
Retrofit ERTMS d'une rame PBKA ou Duplex	1,13
Retrofit ERTMS d'une rame PSE, Atlantique	1,35
Retrofit ERTMS d'une rame Réseau, Eurostar	1,08
Bistandard réduit d'une rame nouvelle	0,17
Mise à jour bistandard réduit/bistandard complet	0,29
Bistandard complet d'une rame nouvelle	0,46

A ces coûts s'ajoute un coût fixe de 4,33M€ pour les quatre séries de transformations (PSE, Réseau, Eurostar et Duplex).

Les investissements en matériel roulant dans ce projet se montent dans l'hypothèse la plus défavorable à 196 M€ (CE 2002) et correspondent à l'équipement en ERTMS des 149 rames existantes et de 80 rames nouvelles. Pour les rames nouvelles, seul le surcoût de mise à jour bistandard réduit/bistandard complet est pris en compte, soit 23,2 M€.

Le calendrier des transformations des rames en ERTMS est indiqué au chapitre 4 et correspond aux capacités industrielles internes de la SNCF (30 rames par an) avec la mise en place de 4 chaînes simultanées, et à une possible intervention de sous-traitance (pour une capacité de 10 rames par an).

La valorisation de l'immobilisation des rames pendant leur transformation peut être effectuée de deux manières : soit un retrait du service commercial induisant une perte de recettes, soit une anticipation d'achat de rames évitant ce manque à gagner. La SNCF pense que la réalité économique sera probablement intermédiaire entre les deux hypothèses. Les bilans financiers en revanche ne prennent en compte que l'anticipation d'achat. Il y a aussi lieu de considérer attentivement l'opportunité d'éviter une double immobilisation pour les opérations de maintenance à mi-vie et de transformation, et par conséquent de faire des économies significatives sur les coûts d'immobilisation en couplant les deux opérations pour les rames arrivant à partir de maintenant à mi-vie.

<sup>11</sup> Cet avis est fondé sur les coûts constatés dans les réseaux étrangers et le coût de 0,56 M€ communiqué par la SNCF pour la transformation des rames PSE en TVM 430 à la mise en service du TGV Méditerranée.



### **3.2.2. Investissements en infrastructure**

Les investissements au sol sont estimés à 29 M€ pour l'installation d'ERTMS en superposition de la TVM 300 entre Paris (précisément le point kilométrique 11) et Lyon.

Il y a débat, à l'heure où ce rapport est rédigé, sur la nature de l'installation de signalisation à placer au départ de Paris, entre le point kilométrique 11 et le triangle de Coubert, sur approximativement 20 km (10 km de LN 1, 4 km de la ligne d'interconnexion, 6 km pour les 3 côtés du triangle de Coubert). Il doit y avoir cohérence entre la signalisation et l'équipement des trains qui circuleront sur la ligne. La solution de base est d'équiper ce tronçon francilien avec ERTMS en superposition de la TVM 300 ; dans ce cas les trains intersecteurs Atlantique Strasbourg (équipés de la TVM 430) pourront emprunter ce tronçon de ligne mais pas avec le débit de 15 trains par heure.

L'autre solution est d'équiper ce court tronçon en TVM 430. Il en coûterait 20 M€ de plus. La preuve n'est pas faite que cette dépense soit indispensable. La preuve n'est pas faite non plus qu'elle puisse être évitée. Dans le doute la mission du CGPC prend en compte cette dépense dans les bilans financiers comparatifs, renchérissant ainsi la solution qu'elle propose dans sa conclusion.

Le montant des investissements au sol pris en compte dans ce rapport est de 49 M€.

### **3.3. Variante « Pasilly »**

Cette variante est proche de celle dite « TVM 430 », elle consiste à limiter à 30 km au sud de l'embranchement de Pasilly la transformation de la TVM 300 en TVM 430, pour profiter du trafic moindre au sud de cet embranchement et réduire ainsi la dépense. Cet investissement, qui présente des inconvénients importants pour la circulation, n'a pas fait l'objet de chiffrage. Ses inconvénients sont exposés au chapitre 4.

## 4 COMPARAISON DES PROJETS ET PRESENTATION DES BILANS

### 4.1 Variante limitant la TVM 430 au Sud de Pasily

L'éventualité d'une modification du cantonnement sur la LGV Sud-Est visant à permettre :

- un bloc à 3 mn entre Paris et 30 km au sud de Pasily,
- un bloc à 4 mn au sud de cette section,

a été évoquée dans le cadre des projets présentés au chapitre 3, en vue d'augmenter la capacité de cette ligne.

RFF émet de sérieuses réserves sur l'efficacité et l'exploitabilité d'un tel projet avec rupture de la finesse du bloc sur la LGV elle même.

- La rupture de débit au niveau de Pasily ( $3/4 = 0,75$ ) n'est pas cohérente avec la volumétrie relative des flux sur les 2 branches ( $13/15 = 0,86$ ).
- Compte tenu des besoins en sillons classiques entre Paris et Créteil, et de la différence de temps de trajet entre les différents types de sillons (+2 mn pour les TGV Dijon du fait de leur vitesse limitée à 270 kmh, et pour les TGV Jonction issus de la grande ceinture Sud du fait de leur mise en vitesse), les sillons doivent être échelonnés en entrée de LGV à 3 mn les uns des autres. Il en résulte pour les sillons à destination de Lyon (le raisonnement serait le même dans l'autre sens) un besoin de détente (domestication) de 1mn supplémentaire par train en fonction de son rang suivant le 1<sup>er</sup> de batterie après une sortie vers Dijon.

Dans un cycle typique de 5 à 6 trains derrière une sortie Dijon, les domestications à introduire s'élèvent à 0, 1, 2, 3, 4, 5, soit en moyenne  $15 \text{ mn}/6 = 2,5 \text{ mn}$  par train. Une telle domestication, générant une perte de temps moyenne de 2,5 mn par sillon, pouvant atteindre 5 minutes sur les sillons de fin de batterie, n'apparaît pas cohérente avec le concept LGV et les efforts constants menés pour minimiser les temps de trajet, tels que la récente mise à 300 km/h.

- En bloc à 4 mn, la problématique de la desserte de la gare du Creusot (ainsi d'ailleurs que celle de Mâcon Loché), 1 fois par heure en pointe n'est pas conciliable avec une desserte de 13 sillons/heure au sud de Pasily, dont 1 desservant Le Creusot. Un arrêt coûte 6 mn et le bloc pour un train desservant Le Creusot passe de 4 à 10 mn. L'occupation de la ligne pour 13 sillons dont 1 desservant Le Creusot serait au niveau de cette gare de :  $12 \times 4 \text{ mn} + 1 \times 10 \text{ mn} = 58 \text{ mn}$  par heure.
  - Le taux de remplissage correspondant du graphique est trop élevé et ne laisse place à l'injection d'un train désheuré qu'une fois toutes les 2 heures.
  - L'arrêt au Creusot exclut la manœuvre de domestication telle qu'évoquée au point 1 ci-dessus, car il l'amplifie en demandant 2 mn de domestication supplémentaire dès le premier sillon de chaque cycle suivant un arrêt au Creusot.

Pour ces raisons cette variante est écartée.

## 4.2 Comparaison des deux autres variantes

### 4.2.1. Hypothèses

Dans cette partie du rapport, les variantes examinées permettent de satisfaire de la même façon les besoins liés à la mise en service des futures lignes à grande vitesse. Ces variantes autorisent une augmentation de la capacité de LN 1 de 12 trains actuellement en heure de pointe à 13 trains par heure en 2012 à la mise en service de la première étape de la branche Est du TGV Rhin-Rhône, à 14 trains par heure en 2017 et à 15 trains par heure en 2020.

Ne sont comparées que les charges pour la collectivité nationale liées à chaque solution par rapport à la **situation de référence sans dépense**. Les résultats du calcul des coûts sont exprimés en Euros 2002 et actualisés au taux annuel de 8 % en 2012.

Les éléments pris en compte sont les suivants :

- Les coûts d'investissements en infrastructure,
- Les pertes de recettes liées aux travaux pendant la pose de la signalisation au sol,
- Les coûts d'équipement en bistandard complet ou réduit du matériel roulant,
- Les éventuels surcoûts d'exploitation par rapport à la situation de référence,
- Les valeurs résiduelles des investissements,
- Les coûts d'immobilisation des matériels roulants.

Les études faites par la SNCF ont servi de base au travail de comparaison. L'approche de la mission du CGPC se distingue cependant de celle de l'opérateur ferroviaire sur les points suivants :

- Les bilans sont établis sur 30 ans au lieu de 20. La durée de 30 ans efface presque totalement la valeur résiduelle artificiellement élevée de la TVM 430 au sol et est conforme au fait que la TVM 430 n'aura plus de réelle valeur économique lorsque le matériel roulant de LN 1 aura été renouvelé. Afin de prendre en compte la durée de vie de 20 ans d'ERTMS au sol, un renouvellement complet a été prévu à cette échéance.
- La taxe professionnelle, transfert entre agents économiques, est neutre pour la collectivité et a donc été retirée des bilans,
- La transformation des rames Réseau et Eurostar est supposée effectuée lors des opérations de maintenance de mi-vie et un abattement de 20% sur les coûts<sup>12</sup> a été retenu.
- Le nombre de rames à prendre en compte a été révisé à la baisse, compte-tenu notamment de la fin de vie des rames PSE en 2020 et, dans le dernier scénario (voir ci-après) de la possibilité d'obtenir 13 sillons avec la TVM 300.

Pour la variante TVM 430 (et ERTMS), le scénario optimisé avec étalement des coûts proposé par la SNCF a été retenu pour l'échéancier d'investissement. Au-delà de ce choix, le seul élément à fixer est la date de fin des travaux.

Le bilan de la variante ERTMS (en superposition de la TVM 300) demande une étude précise du calendrier de transformation des rames en tenant compte de la contrainte de disponibilité de 50%

---

<sup>12</sup> Voir à ce sujet chapitre 3, paragraphe 3.2.1

du parc en service sur LN 1, pour la mise en service du TGV Rhin-Rhône, et de la capacité des ateliers SNCF (transformation de 30 rames par an). La mise en service de HSL Zuid en Hollande ainsi que celle de la LGV Sud Europe Atlantique (SEA) imposent le passage en atelier respectivement de 27 et de 85 rames<sup>13</sup>, ce qui conduit à une indisponibilité des ateliers à prendre en compte pour les transformations liées au projet d'augmentation de capacité de la LN 1. Les transformations hors projet d'augmentation de la capacité LN 1 figurent en surligné bleu (ou grisé) dans le tableau de passage en atelier des rames et n'interviennent dans l'étude que comme des contraintes.

Ces scénarios ne prennent pas en compte de contrainte liée à la mise en service de la ligne Perpignan-Barcelone. Cette question est examinée plus loin au chapitre 7.

#### ***4.2.2. Présentation des scénarios proposés***

Trois scénarios ont été examinés pour comparer la variante TVM 430, et la variante ERTMS. Ils prennent tous en compte l'homologation accélérée des rames Thalys en 2007 conformément aux échanges de correspondance récents entre les autorités françaises et néerlandaises.

##### **Scénario n°1 : pas de restructuration du graphique et pas de sous-traitance.**

Dans ce scénario, la possibilité d'obtenir 13 sillons par heure en restructurant le graphique n'est pas envisagée. Les rames sont équipées de bistandard complet dans les ateliers SNCF au rythme de 30 par an,

##### **Scénario n°2 : pas de restructuration du graphique et appel à la sous-traitance.**

Comme dans le scénario 1, la possibilité d'obtenir 13 sillons en restructurant le graphique n'est pas retenue, mais il est supposé que la SNCF peut sous traiter la modification de 10 rames par an au même coût. En ajoutant ce chiffre à la capacité industrielle de la SNCF, il est possible de modifier 40 rames par an,

##### **Scénario n°3 : restructuration du graphique et appel à la sous-traitance.**

Ici on retient l'obtention de 13 sillons par heure en restructurant le graphique et sans investissements physiques.

---

<sup>13</sup> Voir ce qui est dit au chapitre 8.4 au sujet de l'équipement de la LGV Sud Europe Atlantique.

### 4.2.3. Bilans

#### Scénario 1 Variante ERTMS

		Nb rames sur la ligne	Année de modification														Début 2020	Total modifié	
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018					
Amsterdam	TGV PBA	10	10																10
	TGV PBKA	17	17																17
Bretagne	Atlantique	85				25	30	30											85
LN 1	Duplex	0																	0
	Réseau	8										3	5						8
	Duplex	104	3	30	26				2	17	26								104
	Réseau	19										1	18						19
	PSE	56																	0
Rhin Rhône	PSE Bourgogne	9			4	5													9
Eurostar	Eurostar	9												7				2	9
Nombre de rames modifiées en ERTMS			30	30	30	30	30	30	2	17	30	30	0	0			2		149

<b>Nb de rames neuves en ERTMS pour LN 1</b>	0	11	22	33	44	55	66	77	80	80	80	80	80
<b>Nb total de rames en ERTMS pour LN 1</b>	3	44	85	101	112	123	136	164	197	227	227	227	220
<b>Nb total de rames circulant sur LN 1</b>	205	216	227	238	249	260	271	282	285	285	285	285	220
<b>Rapport (nb rames ERTMS / nb rames total sur LN 1)</b>	1%	20%	37%	42%	45%	47%	50%	58%	69%	80%	80%	80%	100%

Ce scénario sans sous-traitance ne permet de disposer des 50% de rames considérées comme nécessaires pour le 13<sup>ème</sup> sillonn que courant 2013. Toutefois, 45% sont tout de même disponibles fin 2011 et donc il n'est pas exclu que le recours à un sous-parc, ou à une sous-traitance limitée à quelques rames permette de l'adapter aux besoins de la LN 1. Il est aussi possible de hâter la livraison de rames neuves. De même si les contraintes externes sont assouplies (changement dans le passage en atelier des rames Atlantique ou mise en service plus tardive de la LGV Rhin-Rhône) un scénario sans sous-traitance à grande échelle est possible.

Le coût actualisé de cette variante est le suivant (en M€).

	Investissements en M€ 2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	77,2	65,6
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-1,8
Investissement en matériel roulant	196,4	203,2
Immobilisation de matériel roulant		21,5
Charges d'exploitation	28,1	13,1
<b>Total</b>	<b>301,8</b>	<b>301,7</b>

La sensibilité de ce coût à trois événements incertains a été calculée.

- Une subvention européenne à la transformation des rames pourrait être obtenue :  
- 51,4 M€ pour une subvention de 30 %.
- Une mise en service retardée de ERTMS pourrait provoquer un manque à gagner pour le système ferroviaire : + 30 M€ pour un retard d'un an, ERTMS étant supposé installé sur un nombre suffisant de rames en 2013 au lieu de 2012.

<b>Scénario 1</b> <b>Variante TVM 430</b>
--

Le coût actualisé est le suivant :

	Investissements en M€2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	298,0	313,5
Régénération TVM 300 éludée	-58,9	-38,7
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-3,8
Investissement en matériel roulant	19,7	21,3
Immobilisation de matériel roulant		2,9
Charges d'exploitation	14,0	13,2
<b>Total</b>	<b>272,8</b>	<b>308,5</b>

La sensibilité de ce coût a été calculée par rapport à deux événements incertains.

- La dérogation de la commission européenne autorisant le bistandard réduit pourrait être refusée à partir d'une certaine date (supposée être 2010). Incidence + 19,5 M€.
- La pose au sol de l'ensemble TVM 430 et ERTMS se révélerait moins cher que prévu : 10 % d'économie améliorerait le bilan de 31 M€.

**Scénario 2**  
**Variante ERTMS**

Les contraintes d'occupation des ateliers sont alors différentes et le calendrier théorique proposé se présente de la façon suivante :

		Nb rames sur la ligne	Année de modification													Début 2020	Total modifié	
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018				
Amsterdam	TGV PBA	10	10															10
	TGV PBKA	17	17															17
Bretagne	Atlantique	85				25	30	30										85
LGV 1	Duplex	0																0
	Réseau	8												8				8
	Duplex	104		16	40	15	1						27	5				104
	Réseau	19												19				19
	PSE	56																0
Rhin Rhône	PSE Bourgogne	9					9											9
Eurostar		9												8			1	9
Nombre de rames modifiées en ERTMS			27	16	40	40	40	30	0	0	0	27	40	0	0	0	1	149

<b>Nb de rames neuves en ERTMS pour LN 1</b>	0	11	22	33	44	55	66	77	80	80	80	80	80
<b>Nb total de rames en ERTMS pour LGV 1</b>	0	27	78	104	125	136	147	158	188	228	228	228	229
<b>Nb total de rames circulant sur LN 1</b>	205	216	227	238	249	260	271	282	285	285	285	285	220
<b>Rapport (nb rames ERTMS / nb rames total sur LN 1)</b>	0%	13%	34%	44%	50%	52%	54%	56%	66%	80%	80%	80%	104%

Ce scénario permet d'atteindre les objectifs d'équipement aux différentes échéances. La décomposition des coûts correspondants se présente de la façon suivante :

	Investissements en M€ 2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	77,2	65,6
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-1,8
Investissement en matériel roulant	196,4	202,1
Immobilisation de matériel roulant		22,9
Charges d'exploitation	28,1	13,1
<b>Total</b>	<b>301,8</b>	<b>302,0</b>

Sensibilité :

- Subvention européenne de 30% : -53,9 M€
- Retard d'un an sur ERTMS : +30 M€

On suppose que le nombre suffisant de rames est équipé en 2013 au lieu de 2012.



<b>Scénario 2</b> <b>Variante TVM 430</b>
--

Le bilan de la solution avec TVM 430 au sol n'a pas changé dans ce scénario et est repris ci-dessous pour mémoire.

	Investissements en M€ 2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	298,0	313,5
Régénération TVM 300 éludée	-58,9	-38,7
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-3,8
Investissement en matériel roulant	19,7	21,3
Immobilisation de matériel roulant		2,9
Charges d'exploitation	14,0	13,2
<b>Total</b>	<b>272,8</b>	<b>308,5</b>

La sensibilité de ce coût a été calculée par rapport à deux événements incertains.

- La dérogation de la commission européenne autorisant le bistandard réduit pourrait être refusée à partir d'une certaine date (supposée être 2010). Incidence + 19,5 M€.
- La pose au sol de l'ensemble TVM 430 et ERTMS se révélerait moins cher que prévu : 10 % d'économie améliorerait le bilan de 31 M€.

### 4.2.2.3. Scénario 3

Ce scénario permet de retarder les investissements car on suppose qu'il est possible d'augmenter la capacité avec les équipements existants (restructuration de la grille) et avec la remotorisation des rames Bourgogne et Suisse, portant à 300 km/h la vitesse aujourd'hui limitée à 270 km/h. Il en résulte des coûts actualisés nettement inférieurs dans les deux variantes car les investissements sont retardés dans les deux cas. Cependant, la variante avec ERTMS bénéficie plus largement de l'assouplissement de la contrainte car la fraction du parc à transformer pour obtenir 15 sillons n'est que de 80% alors que l'investissement TVM 430 doit être totalement réalisé. Ainsi, parmi les rames les plus anciennes, seules les rames Bourgogne et Suisse sont transformées, et il n'est pas nécessaire d'intervenir sur les rames Réseau ni même sur l'ensemble des Duplex.

<b>Scénario 3</b>
<b>Variante ERTMS</b>

Le calendrier théorique de transformation devient le suivant :

		Nb rames sur la ligne	Année de modification														Total modifié	
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Début 2020			
Amsterdam	TGV PBA	10	10															10
	TGV PBKA	17	17															17
Bretagne	Atlantique	85				25	30	30										85
LN 1	Duplex	14																0
	Réseau	8																0
	Duplex	90										5	40		2		40	87
	Réseau	19																0
	PSE	56																0
Rhin Rhône	PSE Bourgogne	18				8	10										18	
Eurostar		9															0	
Nombre de rames modifiées en ERTMS			27	0	0	33	40	30	0	0	5	40	0	2		40	105	

<b>Nb de rames neuves en ERTMS pour LN 1</b>
<b>Nb total de rames en ERTMS pour LGV 1</b>
<b>Nb total de rames circulant sur LN 1</b>
<b>Rapport (nb rames ERTMS / nb rames total sur LN 1)</b>

0	11	22	33	44	55	66	77	80	80	80	80	80	80
0	11	22	41	62	73	84	95	103	143	143	145	185	185
205	216	227	238	249	260	271	282	285	285	285	285	220	220
0%	5%	10%	17%	25%	28%	31%	34%	36%	50%	50%	51%	80%	80%

Les coûts correspondants se présentent ainsi :

	Investissements en M€2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	77,2	44,7
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-2,5
Investissement en matériel roulant	173,0	148,1
Immobilisation de matériel roulant		13,9
Charges d'exploitation	18,3	6,4
<b>Total</b>	<b>268,5</b>	<b>210,7</b>

Sensibilité :

Subvention européenne de 30% : -35,7 M€

Il n'y a pas à craindre de retard sur ERTMS dans ce scénario car il n'en est fait usage qu'en 2017.

<b>Scénario 3</b> <b>Variante TVM 430</b>
--

	Investissements en M€2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	298,0	248,9
Régénération TVM 300 éludée	-58,9	-38,7
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-8,3
Investissement en matériel roulant	43,9	49,2
Immobilisation de matériel roulant		3,1
Charges d'exploitation	14,0	9,6
<b>Total</b>	<b>297,0</b>	<b>263,7</b>

La sensibilité de ce coût a été calculée par rapport à deux événements incertains.

- La dérogation de la commission européenne autorisant le bistandard réduit pourrait être refusée à partir d'une certaine date (supposée être 2010). Incidence + 19,5 M€.
- La pose au sol de l'ensemble TVM 430 et ERTMS se révélerait moins cher que prévu 10 % d'économie améliorerait le bilan de 24 M€.

#### 4.2.3. Conclusion

L'ensemble des bilans se présente ainsi :

	Variante ERTMS (en superposition TVM 300)	Variante TVM 430 (et ERTMS)
<b>Scénario 1</b>	<b>302 M€</b>	<b>309 M€</b>
<b>Scénario 2</b>	<b>302 M€</b>	<b>309 M€</b>
<b>Scénario 3</b>	<b>211 M€</b>	<b>264 M€</b>

Le scénario 3 apparaît nettement comme le moins coûteux, il donne l'avantage à la variante ERTMS.

Dans les scénarios 1 et 2, la comparaison des deux variantes fait apparaître des écarts faibles au regard des incertitudes qui pèsent sur les coûts, notamment les suivantes :

- Les coûts de retrofit du matériel peut être influencé à la baisse, soit par une subvention européenne, soit parce que les coûts réels pourront s'avérer plus faibles que l'estimation prévisionnelle faite en 2003 et prise en compte dans ce rapport. Le résultat récent de l'appel d'offres relatif au matériel POS fait penser à une telle évolution favorable. Cette incertitude va à l'avantage de la variante ERTMS
- Le bistandard réduit, privilégié par rapport au bistandard complet dans la variante TVM 430, pourrait ne plus être accepté au delà d'une certaine date. Cette incertitude va au détriment de la variante TVM 430.
- Le retard dans la mise au point d'ERTMS peut générer des surcoûts importants au détriment de la variante ERTMS. De tels surcoûts ne concerneraient pas le scénario 3 correspondant au 13<sup>ème</sup> sillon obtenu par restructuration du graphique.

Les faibles écarts des bilans, surtout dans les scénarios 1 et 2, s'expliquent en partie par le fait que la mission du CGPC a choisi des hypothèses défavorables à la variante ERTMS, notamment sur les quatre points suivants :

- les travaux d'équipement du sol en Ile de France (20 M€ dont la nécessité n'est pas démontrée mais néanmoins pris en compte dans la variante ERTMS).
- certains matériels Duplex dont la rénovation à mi-vie interviendra après 2016 pourraient éventuellement bénéficier d'un retrofit ERTMS à coût plus faible si les opérations peuvent être associées.
- il n'y a plus de rames neuves livrées après 2015.
- le coût du retrofit de rames Duplex paraît élevé à la mission du CGPC.

#### **4.2.4 Consolidation des bilans LN 1 avec ceux de la liaison Perpignan-Barcelone**

Si on prend en compte le bilan de la signalisation sur liaison Perpignan-Figueras (cf chapitres 7 et 8) et que l'on consolide ce bilan avec celui de la LN 1, le tableau de comparaison devient le suivant :

Fusion LN 1 et PF	ERTMS sur LN 1 et PF <sup>14</sup>	TVM 430 sur LN 1 et PF
Scénario 1	302	339
Scénario 2	302	339
Scénario 3	228	294

L'écart se creuse en faveur d'ERTMS, il devient sensible dans les scénarios 1 et 2 et très marqué dans le scénario 3, qui reste le moins coûteux.

<sup>14</sup> Les solutions d'équipements croisés n'étant pas optimales (cf chapitre 7 et 8) n'ont pas été reprises dans ce tableau. Elles sont traitées au chapitre 7.

#### **4.2.5. Comparaison avec les bilans économiques présentés par la SNCF**

La SNCF concluait ainsi la deuxième partie de sa note du 27 novembre 2003 (« Résultats-Bilans économiques ») par la phrase suivante : « En conclusion, les coûts sont différents entre les deux solutions d'un total, pour RFF+SNCF, de l'ordre de 190 à 200 M€, la solution ERTMS + TVM 430 étant plus économique »

Dans le présent chapitre, la mission aboutit à des conclusions différentes. Les principales raisons de cette inversion du bilan économique sont les suivantes :

- La mission s'intéresse au coût pour la collectivité et ne prend donc pas en compte les quelques 60 M€ actualisés de taxe professionnelle liés au nouvel équipement à bord des rames dans la variante ERTMS,
- Les bilans réalisés sur 30 ans au lieu de 20 conduisent à l'annulation de 40 M€ de valeur résiduelle d'infrastructure TVM 430 au sol,
- Le nombre de rames à transformer a été calculé en tenant compte de besoins en capacité mieux connus aujourd'hui. On évite notamment la transformation de 56 rames PSE, ce qui conduit à des économies de l'ordre de 80 M€,
- Les coûts prévisionnels du bistrandard complet sur les rames neuves ont été revus à la baisse, compte tenu de l'expérience de l'appel d'offres pour les rames POS.

Le scénario 3, qui n'avait pas été considéré jusqu'ici par les acteurs ferroviaires, permet de réaliser moins de transformations grâce au décalage des besoins en équipement du parc, profitant ainsi de l'augmentation de la proportion de rames neuves.

## 5 RADIO SOL-TRAIN

La signalisation de type ERTMS fonctionne avec un système de transmission radio GSM-R, la transmission des consignes (élaborées par l'équipement informatique au sol appelé RBC, « radio-block-center ») est faite au train via le réseau GSM-Railway. ERTMS n'existant pas sans GSM-R, beaucoup de documents traduisent cela par l'« équation » (ERTMS) = (GSM-R)+(ETCS).

Le remplacement de la radio sol-train actuelle par le système GSM-R fait l'objet d'un programme conjoint de RFF et de la SNCF pour lequel RFF doit équiper 14 000 km de lignes, et la SNCF doit équiper les locomotives et les rames. Une mission du CGPC relative au projet de développement du système GSM-R par RFF a fait l'objet d'un rapport en juin 2003.

**Le programme de RFF**, arrêté par son conseil d'administration en 2003, porte sur un montant de 560 M€ et le marché de base avec la société NORTEL-NETWORKS a été approuvé. Ce programme comporte :

- Une phase pilote de 69 M€ comportant le « central » principal (MSC), ainsi que le « central » de secours, l'équipement de la ligne conventionnelle de Paris à Bar le Duc, et (hors des 69 M€) l'équipement de la LGV Est. Achèvement 2005.
- Une première tranche prévue pour être financée entre 2005 et 2007, son achèvement en 2008 portera sur 2 300 km de réseau conventionnel du Nord et de l'Est. Coût probable 130 M€.
- Une deuxième tranche prévue pour être financée en 2007 et 2008, son achèvement en 2009 portera sur la ligne à grande vitesse du Nord (Il est difficile d'imaginer que l'équipement du Thalys puisse être retardé bien au-delà de cette date) et de lignes conventionnelles du Nord. Le coût de cette deuxième tranche n'est pas encore arrêté.
- Ce n'est que dans une troisième tranche qu'est prévu l'équipement de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon, avec mise en service au plus tôt en 2010.
- Les autres tranches et l'ensemble du programme devraient s'achever pour 2014.

Le financement de ce programme figure dans les documents du CIES<sup>15</sup> avec les chiffres suivants :

2003	5 M€
2004	33 M€
2005	45 M€
2006	46 M€
2007	52 M€

Ces chiffres sont un peu plus faibles que ceux qui seraient nécessaires pour l'achèvement de ce programme vers 2014 qui nécessiteraient 60 M€ par an environ. A défaut d'un effort

---

<sup>15</sup> CIES Comité des Investissements à caractère Economique et Social

financier accru dans les années qui viennent, au détriment d'autres programmes, on peut s'attendre à une légère dérive dans le temps.

L'Équipement en GSM-R de la ligne à grande vitesse Paris-Lyon est prévu pour une mise en service en 2010, peut être vers 2012 si les crédits affectés à ce programme sont maintenus au niveau actuel.

Le programme GSM-R comporte l'équipement de la ligne avec espacement des antennes assez faible pour permettre le fonctionnement de ERTMS (environ 5km), donc plus faible que ce qui serait strictement nécessaire à la seule radio sol-train (environ 7km).

La mission du CGPC n'a pas examiné la suggestion émise d'un partenariat public-privé censé accélérer la réalisation de ce programme. Il apparaît en effet que les perspectives actuelles de réalisation du programme GSM-R ne sont pas critiques pour l'augmentation de capacité de LN 1. Par ailleurs le programme GSM-R n'apportant de recettes supplémentaires ni pour RFF ni pour la SNCF, on voit mal au stade actuel quel pourrait être l'apport d'un financement privé.

**Le programme de la SNCF**, arrêté en 2004, est établi en cohérence avec celui de RFF.

En tant que programme d'investissement financier, **le GSM-R n'apporte pas de contrainte de calendrier à l'installation d'ERTMS** sur la LN 1 Paris-Lyon. D'une toute autre nature sont les contraintes techniques de fiabilité que le GSM-R peut faire peser sur ERTMS. Cette question est abordée au 9.2.2.

## 6 AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES

Le développement de la capacité de la LN 1 ne passe pas seulement par le système de signalisation ERTMS ou TVM 430. Il comprend aussi des investissements de renforcement de l'alimentation électrique de la ligne et également d'accroissement de la capacité de l'avant-gare et de la gare de Paris Lyon.

### 6.1 Alimentation électrique

En ce qui concerne l'alimentation électrique, une étude a été engagée sur le redimensionnement pour la pointe à l'horizon 2012 des installations de traction électrique, ces installations ayant déjà été renforcées pour la mise en service du TGV Méditerranée. Un vide de 80 km apparaît entre deux sous-stations majeures du Morvan. Une nouvelle sous-station apparaît nécessaire mais la faisabilité de son raccordement est à examiner. Son coût serait de 40 à 60 M€.

La capacité de l'alimentation électrique de la gare de Paris Lyon doit aussi être renforcée, soit par amélioration de l'existant, soit par construction d'une sous-station nouvelle. Le coût serait de l'ordre de 5 M€.

Le renforcement de l'alimentation électrique, aujourd'hui estimé entre 45 M€ et 65 M€, doit être totalement imputé sur l'opération « augmentation de la capacité de la LN 1 Paris-Lyon »

### 6.2 Paris-Gare de Lyon

Les aménagements de capacité envisagés sont divers et d'un niveau global élevé. Ils sont en cours d'étude et concernent les horizons 2010 et 2020. Certains d'entre eux nécessiteraient de modifier le poste central 1 et 2 de la gare. Or in simple aménagement est impossible du fait de la vétusté du poste, datant de 1933, qu'il faudrait refaire entièrement. La somme correspondante n'a pas été encore évaluée mais elle est certainement élevée, sans que l'on doive pour autant imputer cet investissement de modernisation à l'augmentation du nombre des sillons.

A l'horizon 2010 une simulation montre que la gare n'arrive plus à faire face à son trafic. Il manque une capacité de 6 trains qu'il est impossible d'expédier entre 16 h et 20 h, pour un total de 60 trains à faire partir. Heureusement la possibilité existe de créer des voies longues supplémentaires, les voies 25, 27 et 29, soit 3 voies dont 2 seront nécessaires à l'échéance 2012 de mise en oeuvre du TGV Rhin-Rhône. L'emprise de ces voies a été réservée depuis les derniers travaux de modernisation de la gare. Il reste à réfléchir au devenir des circulations routières présentes à l'heure actuelle pour les besoins de l'exploitation (ravitaillement ...) sur cette plate forme. Le coût est estimé entre 30 et 40 M€.

Pour l'horizon 2020 la simulation en cours tient compte d'une fréquence à 3 minutes soit 15 trains à l'heure sur la LGV Sud-Est. La solution est encore ouverte et prend en compte une partie des idées suivantes pour esquisser la « trajectoire » 2020 :

- Une banalisation des voies M, qui servent en appui aux voies chargées dans le sens de la pointe, estimée à 30 à 40 M€,
- Un saut de mouton, pour améliorer l'accès aux voies courtes, qui est actuellement difficile si bien que des TGV courts partent des voies longues. Cet investissement important est estimé de 100 à 120 M€,



- Un nouveau fonctionnement de la ligne D, avec le redécoupage de son bloc.

Ainsi au total des deux horizons, ce sont de 160 à 200 M€ d'investissement qui pourraient être nécessaires en capacité sur l'avant-gare et la gare de Paris Lyon, en ne comptant pas la réfection totale du poste central 1 et 2, qui est inéluctable en tout état de cause. Cette somme pourrait être totalement, partiellement, ou pas du tout imputée à l'augmentation de capacité de la LN 1 Paris-Lyon. En effet, s'il y a augmentation de capacité sur la LN 1, les trains supplémentaires, ceux du 14<sup>ème</sup> et du 15<sup>ème</sup> sillon, pourront avoir comme origine (extrémité) soit Paris-Gare de Lyon, soit une gare de province telle Lille ou Nantes. On ignore aujourd'hui quelle priorité sera accordée à telle ou telle demande commerciale. Si ces 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> sillon proviennent de (aboutissent à) Paris-Gare de Lyon, il faut aussi modifier les aménagements de cette gare. Si en revanche ce sont des trains intersecteurs, les travaux de Paris-gare de Lyon ne doivent pas être imputés à l'opération d'augmentation de capacité de la LN 1.

## 7. LE PARC TGV

Ce chapitre présente trois regards différents illustrant les répercussions sur l'ensemble du parc de matériel TGV des décisions qui seront prises sur les lignes, ainsi que l'arborescence des décisions qui logiquement s'enchaînent les unes sur les autres et pourront aboutir à des résultats très contrastés sur le long terme.

### 7.1. Migration vers ERTMS du parc TGV

Le tableau ci-dessous explicite le parc dont disposera la SNCF en 2008 avec la livraison des dernières rames Duplex équipées par le constructeur de la seule TVM 430. Après 2008 les livraisons seront équipées par construction de bistandard.

	TVM 300	TVM 430	Total
Sud-Est	18	89	107
Atlantique	85	20	105
Réseau	-	78	78
Duplex		68	68
Eurostar		9	9

<b>TOTAL</b>	<b>367</b>
--------------	------------

A l'échéance 2020, le matériel PSE livré à l'ouverture de la ligne Paris-Lyon, principalement vers l'année 1982, aura été retiré de la circulation. Le retrofit de certaines des rames restantes et la livraison de rames nouvelles équipées en bistandard aboutiront à des situations contrastées au regard de l'équipement du parc en ERTMS.

	Variante ERTMS (scénario 3)				% du parc équipé en bistandard
	TVM 300	TVM 430	Bistandard	Total	
Atlantique		20	85	105	81 %
Réseau		78	0	78	0 %
Duplex		17	167	184	91 %
Eurostar		9	0	9	0 %

<b>TOTAL</b>	<b>376</b>	<b>67 %</b>
--------------	------------	-------------

	Variante TVM 430				% du parc équipé en bistandard
	TVM 300	TVM 430	Bistandard	Total	
Atlantique		20	85	105	81 %
Réseau		78		78	0%
Duplex		104	80	184	44%
Eurostar		9		9	0 %

<b>TOTAL</b>	<b>376</b>	<b>44 %</b>
--------------	------------	-------------

Aux échéances assez lointaines où se situe l'exercice ci-dessus, et sans préjuger de ce qui arrivera après 2020, il est préférable que le parc de matériel soit apte à circuler sur une LN 1 encore plus capacitive ainsi que sur les autres réseaux européens. A défaut ce seront les autres entreprises ferroviaires européennes qui seront en meilleure position pour assurer le trafic international.

## 7.2 Imbrication des décisions relatives à Perpignan-Barcelone à l'augmentation de capacité de la LN 1 Paris-Lyon.

Afin de préciser la notion d'imbrication des décisions relatives aux deux projets, la mission du CGPC a voulu traduire dans les bilans financiers les coûts des différentes hypothèses.

Se référant aux scénarios pris en compte dans le chapitre 4, la traduction dans les bilans financiers respectifs se présente ainsi :

Dans le cas des scénarios 1et 2, en variante ERTMS, le coût du changement de calendrier pour permettre de faire circuler 8 rames Réseau transformées en 2009 est minime : c'est le coût d'avoir modifié le calendrier pour transformer des rames Réseau avant des rames Duplex. Il est de l'ordre de 0,4 M€. La comparaison avec 22,3 M€<sup>16</sup> montre que la pose de la TVM 430 sur la section Perpignan-Barcelone est plus coûteuse.

Perpignan-Barcelone	
ERTMS	TVM 430
-	30 M€ (sol)

LN 1 Paris-Lyon	
ERTMS	TVM 430
302 + 0,4 M€	309 M€

\*  
\* \*

<sup>16</sup> 22,3 M€ en 2008, actualisés en 2012 valent 30 M€.

Dans le cas du scénario 3, restructuration du graphique et appel à la sous-traitance, les calendriers et bilans actualisés des coûts deviennent les suivants (en intégrant la contrainte d'équipement des rames utilisées sur Perpignan-Barcelone).

		Nb rames sur la ligne	Année de modification													Total modifié	
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Début 2020		
Amsterdam	TGV PBA	10	10														10
	TGV PBKA	17	17														17
Bretagne	Atlantique	85				25	30	30									85
	Duplex	14		14													14
	Réseau	8		8													8
LN 1	Duplex	90											23		2	40	65
	Réseau	19															0
	PSE	56															0
Rhin Rhône	Bourgogne	18				8	10										18
Eurostar		9															0
Nombre de rames modifiées en ERTMS			27	22	0	33	40	30	0	0	0	0	23	0	2	40	105

Nb de rames neuves en ERTMS pour LN 1	0	11	22	33	44	55	66	77	80	80	80	80	80
Nb total de rames en ERTMS pour LGV 1	0	33	44	63	84	95	106	117	120	143	143	145	185
Nb total de rames circulant sur LN 1	205	216	227	238	249	260	271	282	285	285	285	285	220
Rapport (nb rames ERTMS / nb rames total sur LN 1)	0%	15%	19%	26%	34%	37%	39%	41%	42%	50%	50%	51%	80%

	Investissements en M€2002	Flux actualisés à 8% en 2012
Infrastructure	77,2	44,7
Valeur résiduelle de l'infrastructure		-2,5
Investissement en matériel roulant	173,7	164,8
Immobilisation de matériel roulant		13,9
Charges d'exploitation	18,9	7,1
Total	269,9	228,1

Le bilan de 228,1 M€ est à comparer avec celui de 210,7 M€ (scénario 3, variante ERTMS, mais n'intégrant pas la contrainte de Perpignan-Barcelone). On peut donc dire que la variante ERTMS pour Perpignan-Barcelone coûterait 17,4 M€<sup>17</sup>.

La variante TVM 430 pour Perpignan-Barcelone coûterait 30,4 M€ en chiffres comparables.

Et la comparaison globale se présente ainsi

<sup>17</sup> 17,4 = 228,1 – 210,7.

	LN 1 Paris-Lyon en ERTMS	LN 1 Paris-Lyon en TVM 430
Perpignan-Barcelone en ERTMS	228 M€	298 M€ <sup>18</sup>
Perpignan-Barcelone en TVM 430	241 M€ <sup>19</sup>	294 M€ <sup>20</sup>

En résumé, la mission valide ce que pouvait être intuitif à ce sujet, à savoir que la signalisation à utiliser sur Perpignan-Barcelone doit être la même que sur la LN 1 si l'on veut minimiser les coûts actualisés.

## 8. LES EQUIPEMENTS AU SOL DES FUTURES LIGNES A GRANDE VITESSE

Rappelons d'abord brièvement comment sont équipées les lignes actuelles et celles pour laquelle la décision est prise.

LN 1	Paris Lyon	TVM 300
LN2	Paris Tours et Le Mans	TVM 300
LN3	Paris Lille, Bruxelles, Calais	TVM 430
	Contournement de Paris par l'Est	
LN4	Contournement de Lyon, Valence	TVM 430
LN5	Valence-Nîmes et Marseille	TVM 430
LN6	Paris-Est (Strasbourg)	ERTMS et TVM 430

### 8.1 Perpignan-Figueras-Barcelone

La mise en service est prévue pour 2009. La mission du CGPC n'a pas étendu ses recherches à ce projet particulier ; elle n'a rencontré aucun représentant ni du concessionnaire ni des partenaires espagnols, et ne peut donc apprécier jusqu'à quel point ces partenaires accepteraient l'installation de la TVM 430 jusqu'à Barcelone. A défaut de cette hypothèse qui paraît un peu incertaine, la solution de référence est d'équiper la ligne nouvelle Perpignan Barcelone en ERTMS niveau 2<sup>21</sup> comme prévu dans le traité de concession. Dans cette solution de référence, les trains français, pour atteindre Barcelone, devront être équipés de l'ERTMS niveau 2, c'est-à-dire pour les TGV du bistandard complet.

<sup>18</sup> 298 = 264 du bilan § 4.2.2, plus 34 pour transformation de 14 rames Duplex et 8 rames réseaux.

<sup>19</sup> 241 = 211 du bilan § 4.2.2, plus 30,4 coût actualisé de l'aménagement au sol de la TVM 430 entre Perpignan et Barcelone.

<sup>20</sup> 294 = 264 du bilan § 4.2.2, plus 30,4 idem ci-dessus.

<sup>21</sup> Probablement dans sa version 2.2.2. qui équipera les lignes espagnoles. Les trains français qui seront équipés dans la version 3.0.0. pourront rouler sur la voie équipée 2.2.2. La réciproque n'est pas certaine, c'est-à-dire que les trains espagnols équipés en version 2.2.2. pourront nécessiter une modification de logiciel pour être admis sur le réseau français qui sera, lui, équipé dans la version 3.0.0.

L'Etat français, en concertation avec l'Etat espagnol, doit décider d'ici février 2006 s'il souhaite lever l'option pour la pose de la TVM 430 sur la section internationale Perpignan-Figueras. Le cas échéant, cette décision entraînerait par cohérence le financement de la pose de la TVM 430 sur la section Figueras-Barcelone.

Le prix prévu dans le contrat de concession pour la pose de la TVM 430 sur la section internationale est de 7,8 M€ (aux conditions économiques 2003). Poser la TVM 430 sur la section Figueras-Barcelone coûterait 14,5 M€. La pose de la TVM 430 sur la section Perpignan-Barcelone coûterait ainsi 22,3 M€ et permettrait la circulation des trains non équipés d'ERTMS jusqu'à Barcelone. On a considéré que cette dépense intervient en 2008. Dans les bilans actualisés à la date de 2012, le montant pris en compte est de 30,4 M€.

Dans sa dernière communication, la SNCF prévoit l'acquisition de 11 rames Duplex, la modification de 14 rames Duplex et de 8 rames Réseau si la ligne n'est pas équipée de TVM 430. C'est sur cette base qu'a travaillé la mission pour évaluer le coût de ces transformations.

En l'absence de TVM 430 sur la section Figueras-Barcelone, il y a deux possibilités pour les trains de la SNCF : la première est une circulation avec signalisation latérale mais à vitesse réduite (220 km/h), donc avec une perte de temps sur les circulations, une moindre attractivité et finalement des recettes plus basses pour les liaisons concernées par la section. La seconde consiste en la transformation des rames circulant sur ce tronçon en bistandard complet afin de permettre la circulation à grande vitesse en ERTMS. C'est cette variante que nous comparons à la variante dite TVM 430 sur la section Perpignan-Barcelone.

Le risque existe que l'équipement de la flotte en bistandard ne soit pas prêt à temps, car ce matériel n'existe aujourd'hui qu'à l'état de prototype expérimental, et des retards sont possibles. Il n'est pas exclu que l'on se trouve dans une situation comparable à celle que connaissent aujourd'hui les Pays-Bas et la Belgique qui auront achevé en 2006 la ligne nouvelle Amsterdam-Anvers, alors que le matériel Thalys ne sera pas équipé en ERTMS avant la fin 2007. Les pays concernés s'orientent, à notre connaissance, vers une signalisation latérale (avec vitesse limitée à 220 km/h). Pour Perpignan-Figueras, la même cause est susceptible de produire le même effet.

Le concessionnaire de la section internationale Perpignan-Figueras a récemment fait savoir qu'il souhaite une décision avant février 2006, et si possible au plus vite. Néanmoins, l'incertitude actuelle sur le développement d'ERTMS n'incite pas à avancer une telle décision. La mission du CGPC considère que cette attente ne bloque pas le concessionnaire qui a la possibilité d'installer un équipement de signalisation latérale comme indiqué ci-dessus

On remarque que la décision à prendre d'ici février 2006 sur Perpignan-Figueras est liée à celle relative à LN 1 Paris-Lyon. Si l'orientation sur LN 1 va vers ERTMS, Perpignan-Figueras doit être également équipé aussi avec ERTMS seul. Et vice-versa. Le chapitre 7 (paragraphe 7.2) justifie cette affirmation.

## **8.2 Contournement de Nîmes et de Montpellier**

La mise en service est prévue au même horizon que celle de Perpignan-Figueras, sans changement important dans l'offre commerciale des TGV, en tout cas pour les missions qui ont déjà Montpellier comme terminus. Cette ligne nouvelle étant empruntée par des TGV et par des trains de marchandises, la vitesse y sera limitée à 220 km/h. Elle sera équipée en ERTMS (niveau 2) et en signalisation latérale (avec KVB) ; elle ne sera pas équipée en TVM 430. Donc,

les rames TGV venant de Lyon, tant qu'elles seront équipées de la seule TMV 430, circuleront entre Nîmes et Montpellier avec la seule signalisation latérale, à 220 km/h.

La perspective de la mise en service du contournement de Nîmes et de Montpellier ne retentit pas sur le choix à effectuer pour augmenter la capacité de la LN 1 à Paris Lyon.

### 8.3 Rhin-Rhône, 1<sup>ère</sup> phase Dijon-Mulhouse

La mise en service est prévue pour 2012 avec deux options pour l'équipement de la ligne et du matériel appelé à y circuler : ERTMS seul (niveau 2) ou double équipement ERTMS et TVM 430.

Pour le sol, le double équipement présente un surcoût de 45 k€ par km de double voie (conditions économiques de janvier 2003), donc pour 140 km de ligne nouvelle le surcoût serait de 6,3 M€<sup>22</sup>

L'adaptation du matériel au projet Rhin-Rhône nécessite par ailleurs :

Variante double équipement ERTMS et TVM 430	Variante ERTMS seul
18 rames Bourgogne actuelles équipées en TVM 300 rétrofitées en bistandard réduit  36 rames neuves à équiper de bistandard réduit	9 rames Bourgogne actuelles équipées en TVM 300 rétrofitées en bistandard complet  36 rames neuves à équiper de bistandard complet  32 rames actuelles équipées en TVM 430 à rétrofiter en bistandard complet
27,8 M€	70,8 M€

Un choix basé sur des considérations budgétaires strictes conduit à la décision du double équipement. Le second choix à faire entre bistandard réduit et bistandard complet pourra se traiter ultérieurement. La mission retient que ce choix devra faire l'objet d'une demande de dérogation à la Commission Européenne et que les fonctionnaires de la commission européenne que la mission du CGPC a rencontrés indiquent aujourd'hui que la dérogation pourrait être accordée. Néanmoins, malgré l'évolution prévisible du contexte<sup>23</sup>, la mission du CGPC retient le coût de retrofit en bistandard réduit.

<sup>22</sup> Ce chiffre n'est pas cohérent avec les indications figurant dans le dossier Perpignan-Figueras qui seraient de 120 K€/km. La mission du CGPC a considéré que le contexte franco-espagnol de ce projet aurait pu influencer fortement à la hausse cette évaluation.

Par ailleurs, le chiffre de 45 k€/km est une différence entre le coût ERTMS seul (500 k€/km) et le coût ERTMS et TVM 430 (545 k€/km). Le chiffre de 500 k€/km est établi sur la base d'un découpage des circuits de voie identique à celui qui est nécessaire pour la TVM 430. Or la technique ERTMS pourrait se satisfaire de circuits de voie moins nombreux et moins complexes, en ce sens le chiffre de 500 k€/km serait en excès. Donc, le 45 k€/km aurait tendance à être sous-estimé. La mission du CGPC n'a pas pu apprécier l'incidence de cette remarque et conserve donc l'évaluation donnée conjointement par SNCF et RFF.

<sup>23</sup> évolution que fait supposer le projet de décision en date du 7 octobre 2004 relatif au « control-command and signalling » du réseau conventionnel et son adaptation annoncée pour la grande vitesse.

Le cas du projet Rhin-Rhône diffère de celui de Perpignan-Barcelone au moins par le fait qu'il est possible d'équiper ou non cette ligne nouvelle en TVM 430, ou en TVM 300, en plus de l'équipement ERTMS qui est, lui, obligatoire. Le double équipement TVM et ERTMS s'impose parce que les rames qui emprunteront cette ligne (sur Dijon-Mulhouse, et aussi Strasbourg-Lyon) sont assez nombreuses (32) et que le retrofit peut être difficile à mener de façon concomitante avec celui des rames Paris-Barcelone. Le coût du double équipement ERTMS et TVM 430 est d'ailleurs relativement modeste : 6,3M€. La mission suggère que soit étudiée aussi la variante du double équipement ERTMS et TVM 300 qui pourrait éviter la transformation de 18 rames.

#### 8.4 Angoulême-Bordeaux

Cette première section de la ligne Sud-Est Atlantique est prévue pour une mise en service en 2013. Elle sera suivie à quelques années d'écart des sections Tours-Angoulême (2016) et Le Mans-Rennes (2015). La mission du CGPC considère que pour des raisons d'homogénéité le même équipement devra être installé sur les trois sections.

Trois options sont envisageables comme indiqué dans le tableau ci-dessous. L'option TVM 300<sup>24</sup> avait été écartée dans un premier temps malgré son intérêt financier apparent pour une raison technique qui n'a pas paru convaincante à la mission du CGPC.

<b>Variante ERTMS seule</b>	<b>Variante ERTMS et TVM 430</b>	<b>Variante ERTMS et TVM 300</b>
105 rames à rétrofiter en bistandard complet	85 rames à rétrofiter en bistandard réduit ou complet (20 rames déjà dotées de la TVM 430 n'ont pas besoin de modification)	Aucune rame à rétrofiter
	Surcoût pour l'installation au sol 302 km fois 45 k€/km = 13 590 k€	Coût et surcoût à déterminer

La TVM 300, si cette variante est possible, serait la plus économique. En évitant la transformation de 85 rames « Atlantique », l'économie serait de l'ordre de 100 M€ et les ateliers seraient rendus disponibles pour la transformation des rames circulant sur la LN 1. Le CGPC recommande que l'étude en soit faite avant février 2006 (date obligatoire d'une décision relative à l'équipement de la ligne Paris-Barcelone).

#### 8.5 Autres lignes

Les lignes nouvelles qui sont étudiées pour être mises en service au-delà de 2016 devraient, en bonne logique, être équipées avec ERTMS seul. Un des objectifs poursuivis par l'administration européenne est de sortir les équipements de contrôle-commande et signalisation du marché protégé où ils sont aujourd'hui. Pour le matériel TGV français, le brevet TVM 430 est la propriété conjointe de CSEE (Ansaldo), SNCF et RFF mais les commandes sont attribuées sans véritable concurrence à ANSALDO-CSEE qu'il s'agisse du sol, du bord, du bistandard réduit, du bistandard complet, du STM<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Dans cette option on équipe le sol en TVM 300 et ERTMS (laquelle est obligatoire) les trains roulent en TVM 300 tant qu'ils ne sont pas équipés en ERTMS.

<sup>25</sup> Module de Transmission Spécifique qui permettra à un matériel non SNCF équipé en ERTMS de lire la TVM 430 du sol sur l'écran ERTMS du conducteur.



Tant que l'équipement du matériel sera en bi-standard et le sol en double équipement, le système ferroviaire français restera lié à ANSALDO-CSEE avec les conséquences logiques auxquelles il faut s'attendre au niveau des prix.

L'Union Européenne entraîne le système ferroviaire vers la fin des marchés captifs pour chaque réseau, l'objectif annoncé étant de faire baisser les prix de fourniture.

Les autres lignes (à mettre en service au-delà de 2016) devraient donc être équipées de ERTMS seul. Le matériel neuf devra un jour ou l'autre être commandé avec ERTMS seul (sans le bi-standard). Par voie de conséquence, les lignes à grande vitesse aujourd'hui équipées de TVM 430 devront un jour ou l'autre être transformées en ERTMS. Il s'agit là d'une perspective lointaine et encore floue dans le temps, mais qu'il convient de rappeler pour que l'objectif final ne soit pas perdu de vue.

## **9 APPRECIATION DES RISQUES**

Les deux variantes TVM 430 (plus ERTMS) et ERTMS (en superposition de la TVM 300) comportent l'un et l'autre des risques qu'il faut évaluer, maîtriser et assumer.

### **9.1 Risques relatifs à la variante TVM 430 (plus ERTMS)**

#### ***9.1.1 Le chantier de substitution de la TVM 430 à la TVM 300.***

L'étude préliminaire en date du 19 mars 2001 élimine la possibilité d'une étape intermédiaire avec signalisation latérale et préconise donc la substitution directe. La SNCF bénéficie de l'expérience du chantier menée dans les années 1999 et 2000, quand il fut décidé de modifier certains cantons de la TVM 300, afin de porter la vitesse sur la LN 1 de 270 km/h à 300 km/h. Ce chantier a nécessité, le 26 novembre 2000, une interruption de circulation de 31h20.

Ce fut un chantier de nature comparable, bien que d'importance moindre, à celui envisagé pour le passage en TVM 430 ; et ce chantier de l'année 2000 n'a pas provoqué de problème particulier.

Le chantier envisagé pour la substitution de la TVM 430 à la TVM 300 devrait durer 8 ans, dont 4 ans de réalisation, et nécessiterait un nombre d'interruptions de circulation (en principe de 36 heures chacune) non encore défini : jusqu'à 9 dans le cas d'une variante dite à petits pas ; 4 dans le cas d'une variante à grands pas.

Comme tout chantier sur ligne en exploitation, ce chantier de substitution génère des risques, par exemple des risques de coupure de câbles anciens pendant la phase de pose des câbles nouveaux le long de la voie (risque considéré comme maîtrisable par la direction de l'Ingénierie), ou le risque de ne pas rendre la ligne à la fin des 36 heures d'interruption (incident qui s'est produit à la gare Montparnasse lors de la mise en service du TGV Atlantique), ou le risque commercial des effets de 9 interruptions de circulation réparties sur 2 ans. L'ensemble des risques de ce chantier, dans l'état actuel de l'étude préliminaire, est assumé par la SNCF, c'est en tout cas ce que la mission du CGPC a entendu des interlocuteurs concernés.

#### ***9.1.2 La pérennité de la TVM 430***

Le système de transmission voie-machine est breveté ; la SNCF et CSEE s'en partagent la propriété. Récemment CSEE a été racheté par ANSALDO, sans retentissement sur le bon déroulement des contrats relatifs au système TVM. Mais il n'est pas certain qu'il en soit encore

ainsi à l'avenir, il peut se produire des circonstances financières où l'activité de l'ex-CSEE soit rachetée par tel ou tel groupe multinational qui pourrait décider la mise en désuétude de la TVM au profit d'un nouveau système (en principe ERTMS). Par conséquent, le risque existe que ce système soit abandonné par son constructeur plus tôt que prévu.

Il est possible de se prémunir contre ce risque en faisant provision de « pièces détachées » ; mais cette pratique a ses limites.

### ***9.1.3 Le bistandard réduit.***

A la variante « TVM 430 (plus ERTMS) », la SNCF associe un plan de migration de son parc faisant appel à la notion de « bistandard réduit », c'est à dire d'un système proche du bistandard, mais incomplet en ce sens qu'il ne serait que prédisposé pour recevoir les équipements ERTMS ultérieurement lorsque la nécessité s'en fera sentir. Cette notion de bistandard réduit n'apparaît pas dans la spécification technique d'interopérabilité européenne ; l'installation de bistandard réduit au lieu et place d'un bistandard complet devra faire l'objet d'une demande de dérogation par le gouvernement français auprès de la Commission Européenne. Il est possible que cette dérogation soit accordée, les propos entendus à ce sujet vont plutôt dans ce sens ; en revanche il est possible aussi que cette dérogation ne soit pas accordée, il en résulterait alors une incidence sur le coût de la variante TVM 430 de 19,5M€ si le refus tombe en 2010 ; davantage si le refus tombe avant.

## **9.2 Risques relatifs à la variante ERTMS (sur TVM 300)**

### ***9.2.1 Risque que la mise au point prenne du retard***

Le retrofit du matériel affecté à la LN 1 ne pourrait alors pas commencer en 2008. Ce risque ne peut être écarté, considérant que les phases de prototypage et d'essai ne sont en réalité aujourd'hui qu'à peine commencées. Le retrofit ne commencerait alors qu'en 2009 ou 2010, ce qui signifie que les ateliers de la SNCF et ceux d'un sous-traitant éventuel n'auraient pas le temps de traiter les rames affectées à la LN 1 avant de commencer en 2011 le retrofit des rames du réseau Aquitaine. Le résultat serait un report au-delà de 2013 de l'augmentation de capacité de la LN 1. L'impact d'un tel report sur l'économie du système a été analysé aux chapitres 3 et 4.

### ***9.2.2. Risque que ERTMS n'atteigne pas la fiabilité requise.***

La LN 1 Paris-Lyon supporte une circulation à grande vitesse exceptionnellement dense, plus dense que celles des cinq projets pilotes européens. L'expérience de ces seules lignes pilotes serait donc insuffisante si elle n'est pas complétée par un programme de simulation adéquat, préalable à toute mise en place. Toutes les expérimentations, essais et tests doivent être achevés avant la mise en place sur la LN 1 qui ne doit en aucun cas servir de ligne d'essai.

La mise au point du système ERTMS ne fait de doute pour personne et le processus de spécification apparaît convergent. En revanche il y a encore à ce jour des incertitudes au moins sur deux points :

- la possibilité de faire passer 15 trains dans l'heure et dans les deux sens (les expériences espagnoles et italiennes apporteront peu à cet égard, pas plus que l'expérience du Thalys ou du Paris-Öst Frankreich-Süd Deutschland). On ne bénéficiera en 2007 que du résultat des simulations prévues en 2006 dans une des étapes de l'expérimentation ERTMS.
- la fréquence de dysfonctionnement du système ne devra pas être supérieure à celle constatée pour TVM 430. Aucune des expérimentations engagées à ce jour ne permet d'affirmer qu'il en sera bien ainsi, en particulier du fait du mode de transmission GSM-R, sachant qu'une coupure de 10 secondes <sup>26</sup> du GSM-R provoque une séquence de freinage.

En tous cas la mise en exploitation de ERTMS (ETCS et GSM-R) devra être précédée d'un programme conséquent de simulation et de tests pour acquérir l'assurance de l'augmentation de capacité sans dégradation des conditions d'exploitation.

### ***9.2.3. Risque d'évolution trop rapide de la STI***

La base d'essai française sur la ligne d'interconnexion en Ile de France a testé la version 2.0.0. d'ERTMS.

Les expériences en cours en Espagne (Madrid-Barcelone), en Italie (Rome-Naples), en Hollande (Amsterdam-Frontière Belge), se font sur la base de la version 2.2.2., laquelle existera donc à partir des années 2005, 2006 et 2007.

La France, l'Allemagne, la Belgique, les Pays-Bas achèvent, et les acteurs professionnels réunis au niveau européens travaillent en parallèle, la mise en forme des spécifications (change requests) relatives à une version 3.0.0. susceptible d'être intégrée dans la spécification technique d'interopérabilité à mi 2005. Cette version 3.0.0. sera mise en œuvre en France sur l'infrastructure du TGV Est, sur les 15 rames POS française et en principe, sur les 5 rames POS allemandes.

La différence entre la version 2.2.2. et la version 3.0.0 porte sur l'informatique de bord. Il n'est pas certain aujourd'hui que les trains équipés dans la version 2.2.2. pourront rouler sur une infrastructure équipée dans la version 3.0.0. Le groupe de spécification (GEIE ERTMS User's Group, UNISIG et l'AEIF) assure que la compatibilité ascendante existera, c'est-à-dire que les trains équipés dans la version 3.0.0 pourront rouler sur une infrastructure équipée dans la version 2.2.2. A ce sujet la mission n'est pas aussi pessimiste que ce qui est reflété par certains articles de presse récents<sup>27</sup>. Au demeurant cette difficulté, ou peut être cette crainte, ne retentit pas directement sur le projet d'augmentation de capacité de la LN 1.

Le principal risque perçu aujourd'hui est que le produit ERTMS continue d'évoluer. Après la version 3.0.0. viendrait une version X.Y.Z., adaptée à une version nouvelle du GSM-R, dont la compatibilité montante ou descendante ne serait pas assurée.

Aujourd'hui les instances européennes déclarent être dans l'état d'esprit de fermer l'évolution du système, c'est à dire que l'Agence Ferroviaire Européenne recevra à sa création la spécification technique d'interopérabilité dans sa version 3.0.0. et qu'elle aurait comme rôle de veiller à sa mise

<sup>26</sup> Cette valeur de 10 secondes n'est pas définitivement adoptée dans la version 3.0.0, elle pourrait être supérieure, ce qui améliorerait la fiabilité, si la chose peut se faire sans mettre en cause la sécurité.

<sup>27</sup> Rail Transport – 25 août 2004.

en œuvre sans la faire évoluer au moins pendant quelques années. Ce souhait d'une pause est particulièrement fort chez les industriels d'UNISIG.

Il faut rappeler ici qu'un système bien connu, comme le KVB, a subi de nombreuses modifications depuis sa mise en œuvre sur le réseau français et que celles-ci ont été parfaitement maîtrisées.

Le risque existe néanmoins que des versions ultérieures à la 3.0.0., au-delà des versions correctives 3.0.x qui s'avèreraient nécessaires, compliquent la migration progressive du parc et alourdissent son coût.

## 10 DEVELOPPEMENTS HORS DE FRANCE

ERTMS est un projet européen dont la SNCF, avec RFF, n'est qu'un des acteurs, ce projet est suivi et voulu à Bruxelles avec l'objectif de rompre les cloisonnements nationaux des marchés relatifs aux systèmes de contrôle commande, d'inciter les industriels à travailler ensemble à la production d'un système exportable hors d'Europe sans pour autant tomber dans le monopole d'un seul industriel ; à terme le système ERTMS facilitera le passage des trains d'un réseau à un autre et contribuera donc à une meilleure interopérabilité. L'avancement du projet ERTMS est suivi par divers organismes qui se réunissent périodiquement. Le détail de l'organisation mise en place pour ce suivi nécessiterait de trop longs développements ; nous citerons seulement ici une réunion du 17 février 2004 à Bruxelles au cours de laquelle les représentants des Etats ont présenté chacun leur plan stratégique de migration vers ERTMS (sol et bord). Il convient également de citer les réunions périodiques (3 réunions en 2004) du groupe de travail européen « ERTMS ». Limitant son regard à ERTMS niveau 2 applicable à la grande vitesse, la mission du CGPC retient les points suivants :

### 10.1 La partie GSM-R de ERTMS

est engagée presque partout en travaux, la France étant à cet égard plutôt en retard (voir chapitre 5).

La mission du CGPC considère que le point de non-retour est dépassé et que l'installation du GSM-R se fera dans tous les pays européens concernés.

### 10.2 La partie ETCS de ERTMS

La **Suisse** la première a mené une expérimentation en vraie grandeur sur 30 km, entre Olten et Lucerne, avec une version initiale d'ERTMS. Cette expérimentation a permis de remédier à de nombreuses imperfections ; l'installation a néanmoins été démontée parce que la version installée (1.0.0.) n'était pas compatibles avec les versions ultérieures notamment la 2.2.2. Aujourd'hui la Suisse construit la ligne nouvelle Mattstetten-Rothrist qui sera mise en service en décembre 2004 avec une signalisation latérale, et en décembre 2006 avec ERTMS niveau 2 version 2.2.2. Parallèlement le gouvernement suisse finance l'installation d'ERTMS sur 500 locomotives ou trains, matériel roulant de l'entreprise ferroviaire nationale aussi bien que celui des autres entreprises ferroviaires (qui assurent dans ce pays une part non négligeable de l'activité). **De tous les pays européens, c'est la Suisse qui est le plus engagée pour ERTMS.**

L'**Italie** équipe en ERTMS niveau 2 la ligne nouvelle Rome-Naples, susceptible d'être mise en service commercial en 2005. Le 25 avril 2004 un train équipé ALSTOM a roulé à 300 km/h sur la ligne équipée par un consortium ANSALDO-ALSTOM et comportant 3 « Radio Block Center ». La marche à blanc devrait commencer en avril 2005. La mission du CGPC n'a pas pu savoir si ERTMS niveau 2 version 2.2.2. va être installé seul, ou s'il sera doublé par le système national SCMT devant permettre la conduite à un agent seul. **Mais l'Italie a donc engagé un projet pilote.**

L'**Espagne** a mis en service en avril 2004 avec une signalisation latérale classique la ligne Madrid-Lerida . Cette même ligne doit être équipée en ERTMS niveau 1 pour la fin 2004. L'installation d'ERTMS niveau 2, dans la version 2.2.2., doit être se faire en 2005 ou 2006. **L'Espagne a donc engagé un projet pilote.**

**Les Pays-Bas et la Belgique** doivent mettre en service en avril 2007 la ligne nouvelle Anvers-Amsterdam, équipée en ERTMS niveau 2, en principe dans la version 2.2.2. Le matériel, notamment le matériel Thalys, ne sera pas doté pour la date voulue en équipement ERTMS (version 2.2.2. ou version 3.0.0.) mais seulement à fin 2007 selon les prévisions actuelles. Il est possible que soit installée une signalisation latérale provisoire ou de secours. **Les Pays-Bas et la Belgique ont donc engagé un projet pilote.**

**La France** a engagé, conjointement avec l'Allemagne, un projet pilote sur la ligne nouvelle en construction Paris-ÖstFrankreich-Süd Deutschland. La ligne sera équipée à la fois de ERTMS (dans sa version 3.0.0.) et de la TVM 430. Quinze rames nouvelles SNCF et cinq rames nouvelles DB doivent être équipées du bistandard TVM 430 et ERTMS. **La France et l'Allemagne ont donc engagé un projet pilote.**

D'autres actions sont en cours (en Allemagne, Jüterborg-Halle-Leipzig), elles s'apparentent davantage à des expérimentations qu'à des projets pilotes.

En résumé le développement d'ETCS niveau 2 pour la grande vitesse fait l'objet de projets pilote dans sept pays (Suisse, Italie, Espagne, Pays-Bas, Belgique, France, Allemagne). Ces projets pilotes sont pour chacun d'eux l'amorce d'une migration d'ensemble dont ni le calendrier, ni le financement ne semblent clairement définis à la fois pour l'infrastructure et pour le matériel roulant. Seule la Suisse a engagé un processus de migration du matériel roulant.

### 10.3 Les perspectives au-delà des projets pilotes

Le projet ERTMS entrera dans une phase critique quand les projets-pilotes auront été menés à bien, en principe en 2007-2008. L'administration européenne sera alors devant un choix :

- Laisser opérer la décision de la Commission du 30 mai 2002 imposant l'installation d'ERTMS sur les infrastructures nouvelles, lors des modifications importantes des installations de signalisation des lignes existantes et sur les matériels nouveaux. A très long terme, et sous réserve que les spécifications techniques d'ERTMS deviennent stables (sur la version 3.0.0), ou garantissent la compatibilité dans les deux sens, la migration théoriquement se ferait ; mais dans un long terme qui nous amène au delà des limites de visibilité dans le temps. L'évolution au « fil de l'eau » du projet de signalisation européen conduirait à des délais excessifs, incompatibles avec une réussite même à terme. Les Suisses d'ailleurs l'ont bien compris, et le gouvernement fédéral a pris en charge la migration de 500 engins roulants. Comparaison n'est pas raison, néanmoins la mission du

CGPC pense utile de rapporter dans l'annexe 7 les difficultés rencontrées, et les échecs, de certaines transitions dans le domaine aéronautique.

- L'autre choix pourrait conduire la Commission Européenne à contribuer au financement de la migration du matériel roulant et peut être aussi de certaines lignes. Cette idée est d'ailleurs en cours de gestation à Bruxelles. Déjà la commission a adopté le 14 juillet 2004 un ensemble de propositions qui pourraient ouvrir la voie à des financements à des niveaux qui ne seraient plus seulement symboliques, le taux de 30% étant mentionné dans ce texte. Il ne s'agit pourtant que de propositions non encore validées par le Parlement. Certains des interlocuteurs de la mission ont d'ailleurs laissé entendre que la priorité et les taux les plus élevés iraient aux projets concernant des « corridors », ce qui n'est pas le cas aujourd'hui mais pourrait le devenir comme le suggère ce rapport.

\*

\* \*

En toute hypothèse, le projet européen ERTMS n'a de chance de succès que s'il associe, à la contrainte des décisions administratives, l'incitation financière permettant d'aller au-delà des lignes pilotes et d'engager la migration des matériels et des réseaux.

## 11 POTENTIALITES ULTERIEURES

### 11.1 Perspective à moyen terme.

Les deux systèmes :

- TVM 430 installée sur de nouveaux circuits de voie 1500m (longueur en palier)
- ERTMS niveau 2 installée sur les circuits de voie existants de 2100m de la TVM 300 (en longueur en palier).

sont considérés comme équivalents en ce sens que l'un et l'autre permettent une capacité commerciale de 15 trains par heure, les espacements théoriques des trains étant les suivants :

TVM 300	:	13 850m
TVM 430	:	10 250m
ERTMS	:	10 850m

Ces chiffres laisseraient penser à un léger avantage en faveur de la TVM 430. En réalité ERTMS compense son désavantage sur l'espacement théorique par la capacité à considérer les performances de freinage individuelles de chaque rame (alors que le débit en TVM est imposé par le train le moins bon « freineur ») ; la mise en service progressive de matériels nouveaux et meilleurs « freineurs » se traduit immédiatement par un gain, au moins en terme de robustesse.<sup>28</sup>

A l'échéance envisagée pour l'augmentation de capacité de la LN 1, les deux systèmes TVM 430 et ERTMS ont bien les mêmes avantages (15 trains par heure). A moyen terme, au rythme du renouvellement du matériel PSE par des Duplex, ERTMS offrira un avantage en terme de robustesse ; avantage qu'il n'a pas été possible de chiffrer.

### 11.2 Perspective à long terme.

ERTMS offre deux possibilités d'augmentation de débit au-delà de 15 trains par heure ; possibilités envisagées seulement pour le long terme, donc encore incertaines et n'ayant pas encore fait l'objet d'études détaillées ni de confrontations suffisantes des experts. Ces deux possibilités sont : le sous-découpage des cantons et le pilotage automatique

- Le sous découpage des cantons ne fait pas partie de la version 3.0.0 d'ERTMS, celle en cours de mise au point et devant être utilisée en France. Ce pourrait être soit une version ultérieure, soit plus vraisemblablement, une fonction nationale compatible avec la STI de la version 3.0.0. Ce sous découpage permettrait un gain de 11 secondes, donc de 900 m sur l'espacement théorique.
- Le pilotage automatique nécessiterait des études technique et organisationnelles qui ne sont aujourd'hui qu'esquissées. Il permettrait un gain provisoirement estimé à 18 secondes. On remarque que le pilotage automatique pourrait aussi bien être développé

---

<sup>28</sup> En outre ERTMS peut quantifier de façon plus fine les vitesses de consigne, ce qui permet de moduler les profils de vitesse dans certains points critiques pour le débit.

à partir de la TVM 430 que de ERTMS si l'on ne considère que l'aspect technique. Il n'en est pas de même si l'on prend en compte la perspective de disparition à terme de la TVM 430, inscrite dans la directive européenne, qui rend peu raisonnable d'envisager pour ce système une mutation de cette importance.

La SNCF présente ces deux perspectives comme liées et pouvant faire espérer globalement un débit de 18 trains par heure et par sens. La mission du CGPC prend acte de la nécessité d'associer ces deux perspectives d'amélioration du système. Elle remarque aussi que la RATP a mis en place le système SACEM sur la ligne A du RER, sans pilotage automatique.

### **11.3 Le niveau 3 d'ERTMS**

Les concepteurs du projet européen ERTMS ont imaginé trois niveaux de développement du système dont le troisième (niveau 3) serait susceptible d'offrir des fonctionnalités encore plus élaborées et peut être des potentialités encore plus grandes. La mission du CGPC ne prend pas en compte dans ses réflexions cet éventuel et hypothétique niveau 3, constatant qu'aucun des acteurs rencontrés n'a déclaré investir aujourd'hui sur ce dossier, ni en recherche ni en stratégie éventuelle de migration.

**Le système ERTMS a des potentialités à moyen terme et à long terme que le système TVM 430 n'a pas.**

### **11.4 Regard prospectif**

Un regard prospectif sur l'après 2020 est déjà nécessaire. En 2020 la ligne LN 1, même équipée de ERTMS avec bloc virtuel, n'offre que 18 sillons par heure et par sens, soit 50 % de plus qu'aujourd'hui. Or à cet horizon, la longueur du réseau TGV aura doublé, et le trafic aura sans doute doublé lui aussi. La mise œuvre de ERTMS niveau 3 sera t-elle suffisante, un doublement de la LN 1 n'est il pas à envisager ?.



## 12. UN PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE POUR FINANCER ERTMS

Le coût pour financer l'une ou l'autre solution, ERTMS ou TVM 430, apparaît très élevé (de l'ordre de 300 M€) d'autant que ce chiffre ne couvre pas la totalité des investissements nécessaires pour augmenter le nombre des trains. Des dépenses supplémentaires sont d'ores et déjà annoncées, pour accroître la puissance électrique sur la ligne, et pour augmenter la capacité de l'avant-gare et de la gare de Paris-Lyon. Les financements seront donc difficiles à réunir et s'étaleront sur une longue période.

Or, en face de ces coûts il y a des sillons supplémentaires, avec des recettes supplémentaires.

Il n'est donc pas étonnant de recevoir une suggestion de Partenariat Public-Privé de la part d'un industriel de la signalisation, en l'occurrence ALCATEL, pour financer l'investissement et pour mettre à disposition, moyennant rémunération :

- les rames équipées d'ERTMS à la SNCF,
- les sillons nouveaux disponibles à RFF,
- la maintenance des installations réalisées, tant au sol qu'à bord (SNCF + RFF)

Un contrat de partenariat de cette nature doit faire l'objet d'une procédure très précise définie par l'ordonnance du 19 juin 2004 et comportant d'abord une évaluation, puis une mise en concurrence

Cette ordonnance du 19 juin 2004 stipule en son article premier :

« Les contrats de partenariat sont des contrats administratifs par lesquels l'Etat ou un établissement public de l'Etat confie à un tiers, pour une période déterminée... une mission globale relative au financement d'investissements immatériels, d'ouvrages ou d'équipements nécessaires au service public, à la construction ou transformation des ouvrages ou équipements, ainsi qu'à leur entretien, leur maintenance, leur exploitation ou leur gestion, et, le cas échéant, à d'autres prestations de service concourant à l'exercice, par la personne publique, de la mission de service public dont elle est chargée.

Le cocontractant assure la maîtrise d'ouvrage des travaux à réaliser.... »

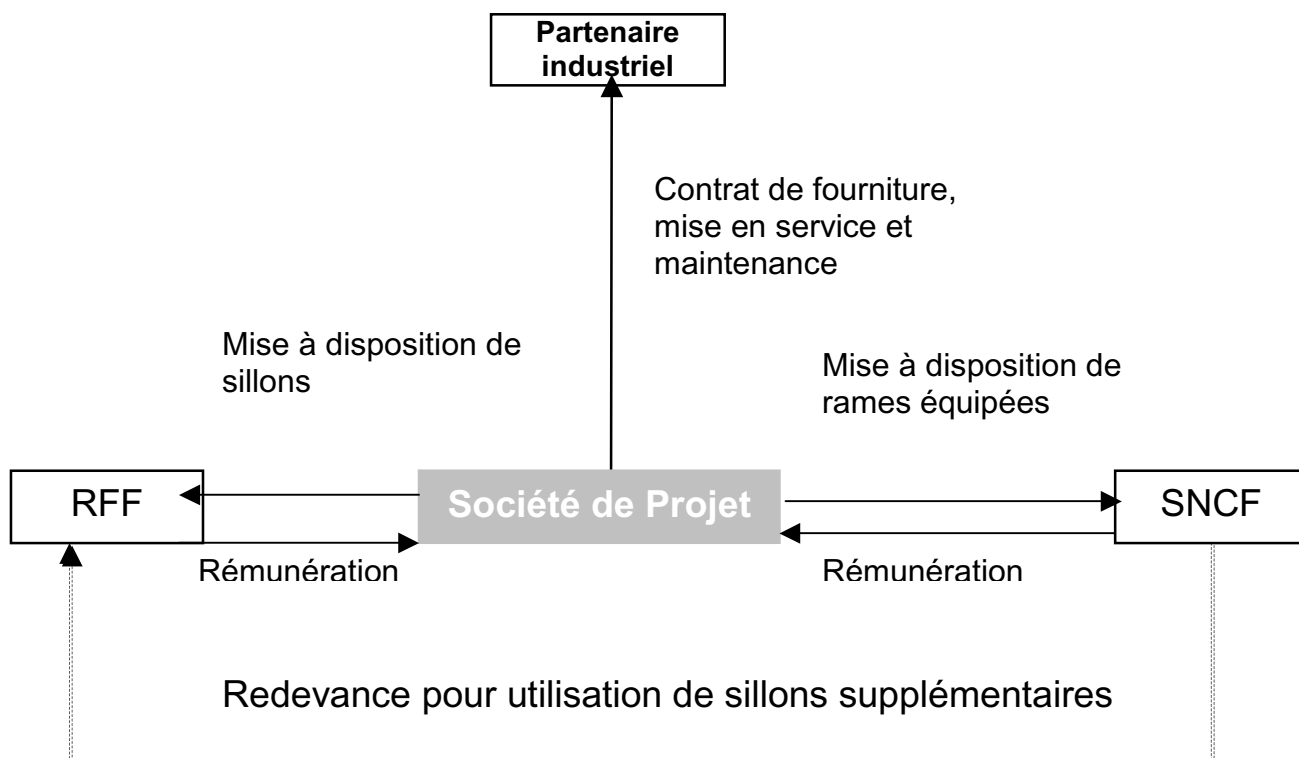
**La rémunération du cocontractant fait l'objet d'un paiement par la personne publique pendant toute la durée du contrat. Elle peut être liée à des objectifs de performance assignés au cocontractant.**

Il a semblé à la mission du CGPC que la réalisation d'ERTMS pouvait entrer dans le cadre de l'ordonnance. Il est aussi connu que Bruxelles encourage ce type de partenariat public-privé.

Dans le cas présent, le partage des risques serait à définir ainsi que les objectifs de performance. En revanche, la définition et la prise en charge des dépenses supplémentaires (alimentation électrique et capacité de l'accès à la gare de Paris-Lyon) semblent sortir de la logique d'un partenariat, obligeant de ce fait à rester, pour ces dépenses, dans un schéma de financement classique.

Pour la SNCF l'objectif serait :

- d'acquérir les équipements bord d'ERTMS, sans supporter l'investissement principal.
- d'obtenir les meilleures conditions financières, compte tenu du partage des risques entre SNCF, RFF et partenaires privés.



*L'avantage de ce schéma est de permettre une flexibilité supplémentaire entre SNCF et RFF, car les loyers ne sont pas nécessairement liés aux investissements sur les domaines respectifs de la SNCF et de RFF, le projet ETCS2 (sol et embarqué) formant un tout indissociable.*

### 13. REPARTITION DES CHARGES ENTRE SNCF ET RFF

Les deux principales variantes du projet d'augmentation de la capacité de la LN 1 Paris-Lyon sont contrastées à l'extrême au regard de la répartition des charges entre SNCF et RFF. En termes budgétaires stricts et en ne prenant pas en compte les retrofits de matériels qui seront éventuellement faits pour Perpignan-Barcelone, on a :

	Variante TVM 430	Variante ERTMS
Dépense budgétaire RFF	298 M€	49 M€
Dépense budgétaire SNCF	20 M€	173 M€ <sup>29</sup>

Il ne serait pas équitable que la SNCF supporte à elle seule la plus grande partie de la charge financière dans le projet ERTMS, pas plus que pour RFF dans le projet TVM 430, ainsi que les risques qui y sont associés, lors que RFF bénéficiera de sillons supplémentaires donnant lieu à ressource financière et la SNCF d'un excédent brut d'exploitation pour les circulations supplémentaires. Pour pallier cet inconvénient susceptible d'influer sur la décision dans un sens qui ne serait pas optimum pour la collectivité publique, les acteurs du système ferroviaire doivent convenir de la nécessité de mettre en place un mécanisme correcteur.

Une esquisse de mécanisme correcteur met en jeu les péages d'infrastructures ; pendant un certain nombre d'années, par exemple pendant trois ans en 2011, 2012, 2013, une réduction de péage sur Paris Sud-Est serait accordée par RFF à la SNCF au prorata du nombre de rames rétrofitées. La mission du CGPC n'a pas d'objection à l'encontre de cette esquisse, elle observe seulement qu'au cas où de nouvelles entreprises ferroviaires, en application du 3<sup>ème</sup> paquet ferroviaire, viendraient demander des sillons pendant cette période, le système ferroviaire français pourrait être mise en cause et accusé de discrimination.

Une autre esquisse de mécanisme compensateur, a priori plus simple, consisterait pour RFF à monter un projet global désigné « augmentation de capacité de la LN 1 Paris-Lyon » et comportant au moins les trois éléments de base :

- renforcement de l'alimentation électrique,
- installation de ERTMS au sol,
- rétrofit d'un parc de (n) rames,

et peut être une partie d'un quatrième élément relatif aux travaux à faire dans l'avant-gare et dans la gare de Paris Lyon).

Le rétrofit du parc de matériel serait donc intégré, pour un nombre de rames à déterminer, dans l'opération supportée par RFF. Ce montage ne peut se faire que dans la mesure où il est compatible avec l'article 4 du décret fondateur de RFF, les ressources provenant des péages d'infrastructures qui seront apportés par les 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> sillons doivent pouvoir équilibrer les trois éléments de base (alimentation électrique, sol, bord) du

<sup>29</sup> Dans le scénario 3.

projet d'augmentation de capacité. Ces trois éléments sont les seuls en cause si ces 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> sillons sont affectés à des trains intersecteurs n'ayant pas de terminus à Paris gare de Lyon.

La mission du CGPC remarque que les Suisses, plus en avance que les Français dans la mise en oeuvre de ERTMS, n'ont pas fait supporter aux seules entreprises ferroviaires la dépense de retrofit du matériel roulant, mais que l'Etat fédéral y a contribué.

## 14. CONCLUSIONS GENERALES

● Les investissements à consentir pour augmenter la capacité de la LN 1 sont à classer en trois catégories :

- la signalisation de la ligne à grande vitesse (sol et bord).
- les installations fixes de traction électrique.
- l'avant-gare et la gare de Paris Lyon.

Ces trois catégories d'investissement sont liées mais pas tout à fait de la même façon. Les deux premières catégories (signalisation et alimentation électrique) sont indispensables l'une et l'autre pour pouvoir augmenter le nombre de trains. En revanche le troisième catégorie (travaux à faire à Paris gare de Lyon et dans l'avant-gare) ne sont pas liés à un projet d'augmentation de la capacité de la LN 1 si les trains supplémentaires (14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> sillons) sont des trains intersecteurs n'ayant ni origine ni destination à Paris gare de Lyon. La mission du CGPC préconise donc que RFF prépare un projet d' « augmentation de la capacité de la LN 1 » comportant :

- le renforcement des installations fixes de traction électrique
- l'installation du sol de ERTMS en superposition de la TVM 300 existante sur la LN 1 entre Paris et Lyon
- l'adaptation à ERTMS de (n) rames, n à déterminer en fonction notamment des décisions qui seront prises sur Perpignan-Barcelone et sur le rythme de renouvellement de matériel TGV.

● La décision à prendre sur Perpignan-Figueras-Barcelone est liée à celle relative à la LN 1 Paris-Lyon. Si l'orientation sur LN 1 va vers ERTMS, Perpignan-Figueras-Barcelone devrait être également équipé avec ERTMS seul. Et vice versa. Pour pallier un retard éventuel de ERTMS une signalisation latérale serait peut être nécessaire.

● Peut être faudrait-il même avoir plus d'ambition en terme de **financement** et monter puis présenter à l'Union Européenne le projet d'un grand corridor international Paris – Dijon – Lyon - Montpellier/Marseille –Perpignan – Barcelone. Les subventions de l'UE pour les infrastructures comme pour les matériels roulants seront en effet privilégiées pour les corridors par rapport aux projets purement nationaux, a assuré le chef du projet ERTMS à la DGTREN, et les premiers demandeurs seront les premiers et les mieux servis. Pourquoi la LN 1 serait-elle considérée comme purement nationale alors qu'elle voit passer des TGV vers la Suisse, l'Italie et bientôt l'Espagne et même des Eurostar pour l'Angleterre et des Thalys pour la Belgique et les Pays-Bas ? L'enjeu en termes financiers est grand et la mission du CGPC recommande l'établissement d'un tel dossier de corridor international dans les plus courts délais possibles.

● **La mission du CGPC recommande l'adoption du système ERTMS** en superposition de la TVM 300 existante. Les raisons qui conduisent à faire cette recommandation sont multiples :

• **P'économie** : les bilans actualisés montrent un coût moindre de ERTMS par rapport à la TVM 430 dans tous les cas, en particulier si l'on choisit, comme cela parait probable, d'établir un 13<sup>ème</sup> sillon par restructuration du graphique et sans investissement important. Sans même parler de son avantage conséquent au cas, sans doute encore peu probable aujourd'hui, où l'UE financerait à la SNCF des retrofits de matériels roulants,

- **l'interopérabilité** : même si elle nécessitera certains aménagements logiciels sur des rames italiennes et espagnoles, elle apportera un avantage décisifs pour des TGV appelés à circuler hors des frontières vers les Pays-Bas, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie, l'Espagne et vers le Royaume-Uni. Cette interopérabilité, voulue expressément par les concepteurs du système, est devenu inenvisageable avec un système propriétaire comme la TVM.

- **La technologie de ERTMS est entièrement numérique** tant au sol qu'à bord. Le média radio aussi, qui utilisent la technologie du GSM avec des caractéristiques adaptées aux besoins du chemin de fer (appels d'urgence, appels de groupe, temps de réponse sensiblement réduit...). A l'échéance de 2012, il est permis de penser que ces systèmes seront suffisamment maîtrisés pour fonctionner avec la fiabilité et la disponibilité nécessaires à la ligne Paris-Lyon, la technologie numérique facilitant pour sa part la mise en oeuvre des corrections ou améliorations qui s'imposeraient.

- **La mise en concurrence des fournisseurs ferroviaires.** Elle devient avec ERTMS réellement possible, alors qu'avec la TVM, la SNCF n'a qu'un seul fournisseur à qui on a d'ailleurs demandé de concevoir le bistandard ERTMS/TVM 430. Il en est exactement de même en Allemagne, où la LZB (Linien Zug Beeinflussung) n'est fabriquée que par Siemens, ou encore en Espagne où l'ASFA n'est fabriqué que par Dimetronic.

Avec ERTMS l'organisation industrielle change complètement, car ERTMS est un système ouvert et chaque industriel de la signalisation, au mois les six d'UNISIG (Alcatel, CSEE/ANSALDO, Alstom, Invensys Rail, Siemens, Bombardier), peut concourir .

- **Les risques d'ERTMS** ont été clairement soulignés par la SNCF : spécifications non stabilisées, interopérabilité non assurée, aucun des cinq projets pilotes en exploitation commerciale, homologation du bistandard complet prévue seulement pour 2007, retard dans la mise au point du système.

- Pour ce qui concerne les **aspects sociaux et humains**, ERTMS est une source d'évolution des modes d'exploitation et des interfaces entre l'homme et la machine (MMI), principalement au niveau des agents de conduite mais aussi des régulateurs.

Après la définition des procédures de ERTMS par le GEIE ERTMS User's Group, un simulateur installé à Madrid a permis de tester l'ergonomie du système et les règles générales d'exploitation. Des tests sont aussi prévus en Italie sur Rome-Naples.

Un premier simulateur d'étude a aussi fonctionné en France depuis 3 ans, pour tester les règles et procédures de ERTMS. Un simulateur très complet (SIMUFER) fonctionnera à la SNCF dès le début 2005, pour tester le comportement des agents de conduite en présence de ERTMS, et le fonctionnement du système en régime dégradé. Ces simulateurs français sont nécessaires pour l'adaptation au cas français de ERTMS et ses transitions avec la TVM et le KVB.

Puis en fin 2005 des simulateurs de formation à la conduite seront mis en place pour former les agents de conduite, destinés à circuler sur la LGV Est, en alternance avec la conduite sur les premiers tronçons de la ligne nouvelle.

Il apparaît clairement que ERTMS est ergonomique et répond bien aux demandes des agents de conduite, et qu'aucun problème susceptible de bloquer le nouveau système n'est jamais apparu. Il faut rappeler que ERTMS présente un interface de conduite voisin de celle de la LZB allemande, et que ce dernier est très bien acceptée par les agents de conduite Outre-Rhin.

Plus de 15 ans d'études du système permettent cependant de nourrir un **optimisme raisonné** et raisonnable. Quatre ans de tests sur des voies conventionnelles et à grande vitesse ont été suivis dans les six pays avec des circulations non commerciales, après une vaste campagne d'essais en

laboratoire. Enfin l'engagement des cinq projets pilotes dans sept pays européens, avec cette fois des essais dans les conditions réelles de circulation commerciale, verra le jour en 2005, 2006 et 2007. Les mises en exploitation à cette échéance permettront de voir clairement les possibilités et les risques éventuels du système pour le réseau français, à partir de fin 2007/début 2008, avant de **l'appliquer sur la LN 1 Paris-Lyon, comme la mission du CGPC le recommande.**

- Un autre aspect du problème est la **répartition des charges et des risques entre les deux acteurs publics français la SNCF et RFF**. Le projet ERTMS ne peut pas être le projet RFF seul puisque l'essentiel des charges d'investissement pèse sur la SNCF, à savoir un important retrofit des rames TGV. Réciproquement, le projet TVM 430 fait porter de lourdes charges sur RFF avec l'installation au sol de la TVM 430, tandis que l'investissement des rames est très limité.

Il faut donc mettre en place des **mécanismes compensateurs**. Une solution pourrait consister à autoriser RFF à investir dans le retrofit des rames TGV et à supporter le risque de maîtrise d'ouvrage associé, à concurrence d'un nombre à négocier entre les acteurs. Une autre solution pourrait consister en une refaçon des péages au bénéfice de la SNCF. Mais passer un contrat maintenant sur des niveaux de péage valables dans 8 à 10 ans ne semble pas vraiment garantir la SNCF contre des aléas de toute sortes pouvant affecter à terme le niveau des péages.

La mission s'est délibérément située d'un point de vue englobant l'entreprise ferroviaire et le gestionnaire d'infrastructures, mais elle tient cependant à souligner **l'importance extrême en termes d'équité de mécanismes compensateurs adéquats vis-à-vis de la SNCF.**

- Enfin **l'intérêt d'un partenariat public-privé (PPP)** a été évoqué et sa faisabilité mérite d'être étudiée. Non seulement il permet le financement de l'investissement de ERTMS, qui est un obstacle majeur pour les investissements de capacité de chacun des deux acteurs ferroviaires, mais il oblige ces acteurs à redéfinir leurs relations contractuelles à l'occasion de cet investissement. Le fait qu'un industriel membre d'UNISIG, Alcatel, ait proposé à la réflexion de la mission du CGPC un tel contrat de partenariat avec des chiffres plausibles tant pour les investissements que pour les coûts de maintenance, est symptomatique de l'intérêt que porte le secteur privé à ERTMS. Un tel contrat de partenariat public/privé est non seulement autorisé et codifié par l'Etat (ordonnance du 19 juin 2004 : contrats de partenariat de l'Etat, qui notamment prévoit comme contractants possibles les établissements publics) mais il est aussi vivement encouragé par la Commission Européenne, qui y voit vraisemblablement une possibilité d'accélérer le développement de ERTMS avec des programmes importants de retrofit.

La mission du CGPC recommande que RFF, dans le cadre de l'étude préconisée ci-dessus pour l'augmentation de capacité de la LN 1, fasse procéder à une évaluation de cette possibilité avec le concours d'un organisme expert, et conformément à l'article 2 de l'ordonnance précitée.

## Calendrier

Si le 13<sup>ème</sup> sillón est reconnu possible, alors l'échéance du 14<sup>ème</sup> sillón apparaît vers 2017. Une décision sur le choix de la variante (ERTMS ou TVM 430) devant être installée sur la LN 1 Paris-Lyon doit intervenir d'ici 2008 à 2010.

Si, en revanche, le 13<sup>ème</sup> sillón n'est pas reconnu possible, alors une décision sur le choix de la variante (ERTMS ou TVM 430) devant être installée sur la LN 1 Paris-Lyon doit intervenir d'ici 2006 à 2008.

On remarque que les cinq projets-pilotes européens n'apporteront leurs retours d'expérience, dont la connaissance est indispensable avant une décision définitive, que progressivement à partir de 2006 et jusqu'en 2008/2009.

Une décision relative à l'équipement de la ligne Perpignan-Barcelone doit être prise d'ici février 2006.



## ANNEXE 1 : Lettre de commande



La Défense, le **27 AVR. 2004**

Le ministre de l'équipement, des transports,  
du logement, du tourisme et de la mer

à

Monsieur le Vice-Président  
du Conseil Général des Ponts et Chaussées

ministère  
de l'Équipement  
des Transports,  
de l'Aménagement  
du territoire,  
du Tourisme  
et de la Mer



direction  
des Transports  
terrestres  
sous-direction  
des Transports  
ferroviaires

TF

objet : LGV Paris-Lyon - ERTMS

référence : 038/mph

affaire suivie par : Denis HUNEAU – Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées – adjoint au chargé de la  
sous-direction des transports ferroviaires.

La ligne à grande vitesse Paris-Lyon est la plus circulée du réseau ferré national : elle devrait être confrontée à moyen terme à des problèmes de saturation. Equipée du système de contrôle commande TVM 300, elle présente en effet une capacité opérationnelle limitée à 12 sillons horaires.

La mise en place, prescrite par la directive européenne 96-48, du système ERTMS sur cette ligne permettrait d'augmenter cette capacité à 15 sillons par heure, sans gros travaux à la voie, limitant ainsi les impacts sur l'exploitation durant cette installation.

Le plein effet de cet équipement de la ligne suppose néanmoins l'équipement progressif du matériel roulant. Aujourd'hui ce sont ainsi plus de 200 rames TGV qui sont amenées à circuler sur cette section du réseau, et pourraient nécessiter à terme d'être équipées.

En première analyse le montant des recettes des péages liées aux nouvelles circulations rendues possibles permettrait le financement des dépenses d'investissement, y compris le cas échéant la prise en compte d'une part significative des dépenses liées au matériel roulant - a priori par un mécanisme de réfaction par les rames équipées d'ERTMS. RFF et la SNCF poursuivent ces études économiques et financières.

Par ailleurs le développement des lignes nouvelles à grande vitesse engagé et programmé, aussi bien en France : LGV Est, LGV Rhin-Rhône et LGV SEA, qu'à l'étranger : lignes HSL et Perpignan-Figueras-Barcelone, naturellement équipées au sol de l'ERTMS supposera également l'équipement de rames actuellement affectées à ces liaisons.

Arche Sud  
92055 La Défense cedex  
téléphone :  
01 40 81 21 22  
mél : dtl@equipement.gouv.fr

L:\HUNEAU\038 - LGV Paris-Lyon - ERTMS.doc

Dans ce cadre la SNCF a indiqué qu'en première analyse, et du fait de la capacité industrielle de ses ateliers, l'équipement du parc correspondant nécessiterait de l'ordre d'une dizaine d'années, ce qui ne permettrait donc de renforcer la capacité entre Paris et Lyon qu'à l'horizon 2016/2017, sauf à déployer sur certaines lignes l'équipement TVM 430 en superposition à l'ERTMS.

Cette situation qui conduirait à mettre en œuvre à l'horizon 2015 une technologie analogique développée plus de vingt cinq ans auparavant et pour une durée somme toute limitée apparaît paradoxale sans parler des contraintes techniques et économiques entraînées par un double équipement persistant. C'est pourquoi je souhaiterais que le Conseil Général des Ponts et Chaussées puisse diligenter une expertise qui porterait sur l'optimisation des scénarios de migration, l'analyse des diverses possibilités techniques et les impacts économiques, financiers et sociaux de celles-ci.

J'apprécieraï que les résultats puissent m'en être remis d'ici le mois d'octobre prochain.

Pour le Ministre et par délégation  
**Le Directeur des Transports Terrestres**

  
**Patrice RAULIN**

## ANNEXE 2 : Liste des personnes contactées

### Direction des Transports Terrestres

Denis HUNEAU  
Rémy DAYEZ  
Benoît CHEVALIER

### SNCF

Direction de la Stratégie

Elisabeth BORNE  
Dominique DEAU  
Jacques RABOUEL  
Pierre MESSULAM

Direction des opérations industrielles

Claude SOLARD

Direction grandes lignes

Patrick MICHELIN  
Michel LEBOEUF

Direction du Service Sillons

Michel LE NECHET  
Yves CHOPINET

Département des matériels TGV

Christian CATHELIN  
Pierre MEYER  
Alain SCHERRER

Direction de la Flotte TGV (grandes lignes)

Bernard TORRIN

Conseiller scientifique de la SNCF

Daniel LANCIEN

Direction de l'Ingénierie, Directeur du projet ERTMS

Olivier PIGNAL

Direction de l'Ingénierie

Bertrand PANOUSE  
Patrick BOURON

Région de Paris Sud-Est

Gérard SÉVELY

BRUXELLES

Commission Européenne

Antonio COLAÇO

Catherine PRUDHOMME

European Economic Interest Group ERTMS Users Group

Jaime TAMARIT

Association Européenne pour l'Interopérabilité Ferroviaire (AEIF)

Bernard ALIBERT

UNISIG/UNIFE Organisme réunissant six industriels :  
Alcatel ; Alstom ; Ansaldo ; Bombardier ; Invensys Rail ; Siemens

Jean-Claude RAOUL

RFF

Directeur du Réseau Ferré

Jean-Michel RICHARD

Chef de projet ERTMS

Patrick CASTAN

Chef du service répartition des capacités

Michel DUPUIS

Service répartition des capacités

Reinhard DOUTE  
Luigi STÄLI

Chef du projet GSM-R

Jean CELLMER

INDUSTRIELS

ALSTOM

Michel CHASSAING  
Jacques PORÉ  
Jacques CAPEY  
Philippe ETIENNE

ALCATEL

Samir NAESSANY  
Céline PETER  
Jean-Paul WAJSBROT  
Olivier COLAÏTIS

ANSALDO-CSEE

Jean-Yves RIOU  
Gérard BONNAS  
Michel FRAPPA

AUTRES

RATP

Jean-Paul SCHNEIDER  
Alain GALLEA

ANNEXE 3 : Nombre de circulations en sens impair au départ de Gare de Paris Lyon

**NOMBRE DE CIRCULATIONS SUR LN 1  
ENTRE VERGIGNY PRS 15 ET PASILLY**

**LE SAMEDI 21 FEVRIER 2004 (grand chassé-croisé d'hiver)**

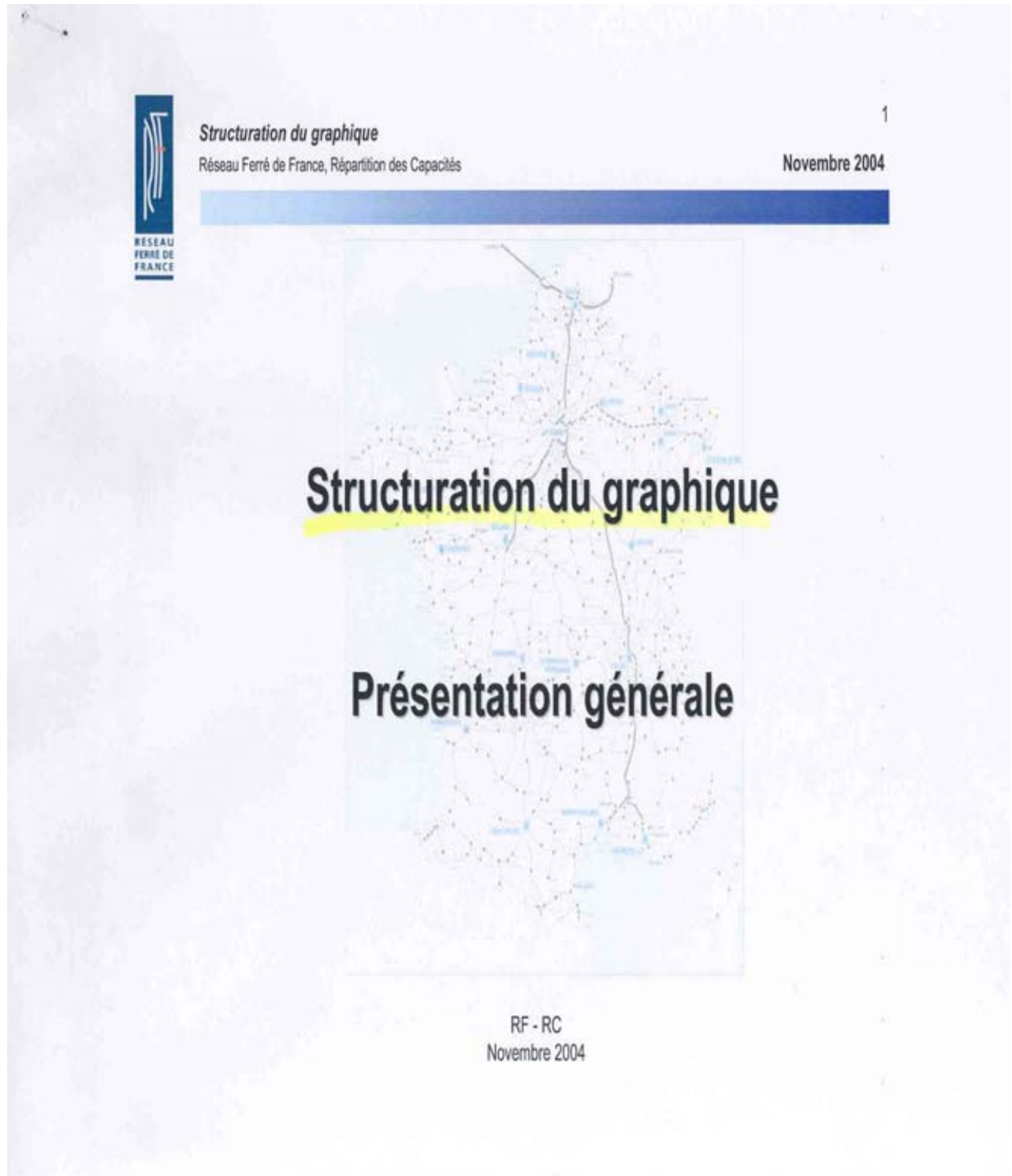
HEURE			SENS IMPAIR	SENS PAIR
6:00	à	7:00	3	2
7:00	à	8:00	10	8
8:00	à	9:00	12	7
9:00	à	10:00	12	4
10:00	à	11:00	12	10
11:00	à	12:00	11	9
12:00	à	13:00	11	11
13:00	à	14:00	9	7
14:00	à	15:00	10	10
15:00	à	16:00	9	9
16:00	à	17:00	7	11
17:00	à	18:00	8	9
18:00	à	19:00	10	12
19:00	à	20:00	9	11
20:00	à	21:00	8	12
21:00	à	22:00	3	12
22:00	à	23:00	0	11
23:00	à	23:59	0	7
<b>Total</b>			<b>144</b>	<b>162</b>

**NOMBRE DE CIRCULATIONS DE SENS  
ENTRE VERGIGNY PRS 15 ET PASILLY**

**SEMAINE DU 15 AU 21 MARS 2004 (hors congés scolaire)**

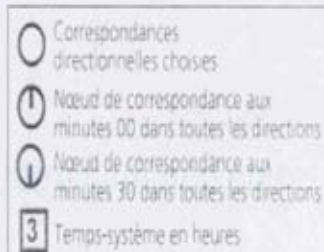
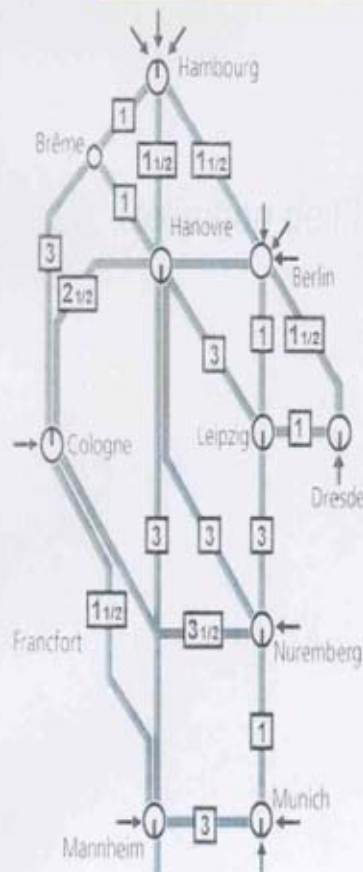
<b>HEURE</b>		<b>LU 15/03/04</b>	<b>MA 16/03/04</b>	<b>ME 17/03/04</b>	<b>JE 18/03/04</b>	<b>VE 19/03/04</b>	<b>SA 20/03/04</b>	<b>DI 21/03/04</b>
<b>6:00</b>	à <b>7:00</b>	3	2	2	2	2	2	1
<b>7:00</b>	à <b>8:00</b>	9	9	9	9	9	5	5
<b>8:00</b>	à <b>9:00</b>	11	11	11	11	11	10	9
<b>9:00</b>	à <b>10:00</b>	11	9	10	10	10	10	6
<b>10:00</b>	à <b>11:00</b>	8	8	9	8	8	11	10
<b>11:00</b>	à <b>12:00</b>	9	9	9	9	9	11	10
<b>12:00</b>	à <b>13:00</b>	6	6	6	6	6	9	6
<b>13:00</b>	à <b>14:00</b>	3	3	3	3	3	4	3
<b>14:00</b>	à <b>15:00</b>	7	7	7	7	7	8	8
<b>15:00</b>	à <b>16:00</b>	8	8	8	8	8	7	9
<b>16:00</b>	à <b>17:00</b>	7	7	7	7	9	6	6
<b>17:00</b>	à <b>18:00</b>	9	10	10	10	12	6	8
<b>18:00</b>	à <b>19:00</b>	12	12	12	12	12	9	12
<b>19:00</b>	à <b>20:00</b>	11	11	11	12	12	8	9
<b>20:00</b>	à <b>21:00</b>	11	11	11	11	12	8	10
<b>21:00</b>	à <b>22:00</b>	4	4	4	4	6	3	7
<b>22:00</b>	à <b>23:00</b>	3	3	3	3	5	0	5
<b>23:00</b>	à <b>23:59</b>	3	3	3	3	3	1	1
<b>Total</b>		<b>135</b>	<b>133</b>	<b>135</b>	<b>135</b>	<b>144</b>	<b>118</b>	<b>125</b>

## ANNEXE 4 : La structure du graphique et l'horaire cadencé en France.



## 2.2 Définition de l'horaire cadencé en réseau

### (B) Coordination en réseau par nœuds de correspondances + réseau + ordonnancement

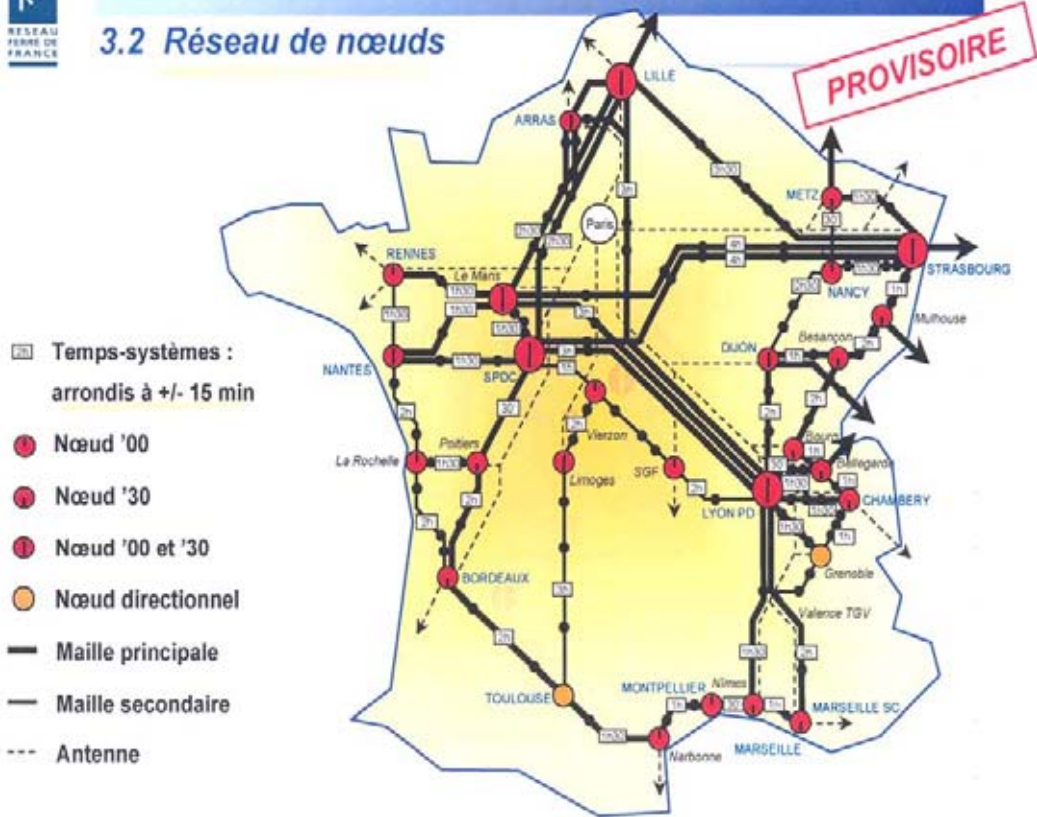


- Conception en réseau de l'horaire
- Des nœuds étoiles de correspondances
- Des temps-systèmes entre les nœuds

On construit l'horaire en réseau à partir des nœuds étoiles de correspondances



### 3.2 Réseau de nœuds



## ANNEXE 5 : Coût des adaptations à ERTMS de matériels à l'étranger.

La mission du CGPC s'est efforcée de rassembler les éléments disponibles sur les coûts hors de France des « rétrofits » de matériel roulant réalisés, en cours, ou à l'étude. La présente annexe résume les informations recueillies ainsi que leur source, sans prétendre résoudre les contradictions relevées.

### 1. Chiffres donnés par l'UNISIG/UNIFE au comité « article 21 » à Bruxelles le 1<sup>er</sup> juillet 2004.

Ces chiffres sont relatifs au niveau 2 d'ERTMS et valables pour une rame. Le tableau remis au cours de cette réunion présente des chiffres relatifs à un seul poste de conduite, il faut les doubler pour une rame TGV. Ces coûts n'intègrent aucune provision pour l'immobilisation de la rame, ni pour l'amenée de cette rame en atelier.

	Indications UNISIG		Commentaires CGPC	
	Coût par rame	Incertitude	Coût maximum éventuel	Chiffre SNCF comparable <sup>30</sup>
Matériel roulant neuf	270 k€	57 %	424 k€	460 k€
Matériel roulant prédisposé	255 k€	58 %	402 k€	290 k€
Retrofit de matériel dans le cas où la place est disponible	435 k€	60 %	700 k€	1 130 k€

### 2. Informations recueillies sur l'expérience Suisse

Cette information a été recueillie auprès de l'Office Fédéral des Transports à Berne, complétée par d'autres informations recueillies au cours de la mission auprès de divers interlocuteurs. Bien que n'étant pas membre de l'Union Européenne, la Confédération Helvétique a pris l'initiative très tôt d'expérimenter ERTMS. Une première ligne fut équipée d'ERTMS niveau 2, mais dans sa version 1.0.0. qui devait se révéler non compatible avec les versions ultérieures ; cette installation est aujourd'hui démontée. Une autre expérience est en cours avec la ligne nouvelle Mattstetten-Rothrist qui sera mise en service en décembre 2004

<sup>30</sup> Conditions économiques 2002, non compris les frais fixes.

avec signalisation latérale et en décembre 2006 avec ERTMS niveau 2 (version 2.2.2, la même en principe que celle qui va être installée en Italie et en Espagne). L'équipement en ERTMS de cette ligne implique le retrofit d'un parc de 500 engins appartenant aux chemins de fer fédéraux, ou à d'autres entreprises ferroviaires. Le gouvernement suisse a décidé de prendre en charge financièrement le retrofit de ce parc, tant celui des CFF que celui des autres entreprises ferroviaires.

Cette opération est confiée à ALSTOM qui assure la totalité de la prestation de migration, y compris la certification de sécurité par un organisme notifié. Le chiffre annoncé est de 255 k€ par engin (non compris l'immobilisation du matériel).

Selon les informations recueillies par la mission du CGPC, ce chiffre ne doit pas servir de référence pour le coût de matériel TGV français pour les raisons suivantes :

- Il concerne principalement des locomotives, pour lesquelles ERTMS comporte bien deux écrans MMI, mais un seul ordinateur EVC, une seule antenne et pas de reprise de câblage sur la longueur de la rame ;
- Il comporte des aménagements rustiques qui ne seraient probablement pas acceptés par l'autorité de sécurité nationale française ;
- Le coût annoncé correspond au montant du marché estimé par le prestataire et ce montant pourrait avoir été sous-estimé.
- Dans le parc de 500 engins dont le retrofit est engagé, existent des rames ICN qui s'apparentent aux rames TGV de la SNCF. Le coût du retrofit serait de 100 à 150 k€ par cabine, prix pour l'installation seule, non compris la fourniture de matériel ni l'immobilisation<sup>31</sup>

**3. Informations recueillies sur l'expérience italienne** lors de la réunion à Bruxelles du 17 février 2004 au cours de laquelle les différents réseaux ont présenté chacun la stratégie envisagée pour le passage à ERTMS. RFI, gestionnaire de l'infrastructure italienne, a annoncé un coût de retrofit du matériel de 300 k€ par rame.

L'installation d'ERTMS niveau 2 (version 2.2.2.) doit fonctionner en marche à blanc en avril 2005 sur la ligne nouvelle Rome-Naples. Le matériel qui sera utilisé sur cette ligne comportera plusieurs types de rames dont 27 rames ETR 500 ; il devra être retrofité pour cette date. Le coût du retrofit de ces rames ETR pourrait être comparable à celui de nos rames TGV. Il est par contre douteux que le chiffre mentionné ci-dessus de 300 k€ soit bien applicable à ces rames ETR ; il semble d'ailleurs que l'entreprise ferroviaire italienne (FS) mentionnerait des coûts de l'ordre de 900 k€ par rame.

#### **4. Information recueillie sur l'expérience espagnole.**

Avec la mise en service de la ligne nouvelle Lerida-Barcelone, les chemins de fer espagnols doivent procéder à l'installation de ERTMS niveau 2 sur neuf rames AVE déjà en service ; il s'agit donc d'une opération de retrofit qui s'apparente peut être à celle que la SNCF devrait opérer sur ses TGV si l'option ERTMS est retenue. Malheureusement la mission du CGPC n'a pas pu, dans le délai imparti, avoir d'information sur le coût estimé de cette opération de retrofit.

#### **5. Information recueillie sur l'expérience belge.**

---

<sup>31</sup> Donc 200 à 300 k€ par rame. La SNCF annonce 660 k€ de fourniture de matériel seul. La comparaison amène à 660+200 à 300 contre 1130 ou 1350 k€. La Mission de CGPC n'a pas pu aller au-delà, en particulier n'a pas pu se faire préciser si les chiffres qu'elle a reçus pour la Suisse intègrent les essais, l'homologation et la certification.

Le réseau Thalys est exploité avec 27 rames dont 16 sont propriété de la SNCF et 11 appartiennent aux chemins de fer belges ; aucune entreprise ferroviaire hollandaise ne possède de rame Thalys.

Or la ligne nouvelle à grande vitesse Anvers-Amsterdam devrait être mise en service au 1<sup>er</sup> avril 2007. Le retrofit du matériel Thalys, déjà équipé de six systèmes de contrôle commande, doit se faire pour ajouter le système ERTMS de niveau 2 en principe dans sa version 3.0.0.

La SNCF est en pourparlers avec ses partenaires hollandais et belge pour le retrofit de ses 16 rames. Il n'a pas été possible dans le délai imparti d'obtenir des informations sur le retrofit des 11 rames de la SNCB.

### **Conclusion sur les expériences hors de France**

Au cours de ses entretiens, la mission du CGPC a entendu plusieurs intervenants lui suggérer que les prix annoncés par la SNCF pour l'adaptation du matériel roulant à l'ERTMS étaient excessifs d'un facteur de plusieurs unités (deux ou peut être même davantage). La mission du CGPC s'est donc efforcée de rassembler le plus d'informations possibles sur les coûts comparables constatés, ou évalués, hors de France. La collecte de ces informations s'est révélée difficile et les indications reportées ci-dessus ne peuvent pas être considérées comme parfaitement sûres.

La mission du CGPC conclut ses recherches internationales sur l'opinion que l'adaptation du matériel roulant à l'ERTMS coûtera plus cher que les chiffres avancés lors des réunions officielles de niveau européen ; la mission du CGPC a donc établi ses réflexions sur la base des chiffres annoncés par la SNCF dans sa note du 27 novembre 2003. Ceci n'exclut évidemment pas que des économies pourraient être faites par la suite, soit par la SNCF travaillant en régie en combinant par exemple l'installation d'ERTMS avec les grandes révisions de certains matériels<sup>32</sup> ou avec l'installation du GSM-R, soit par appel à une sous-traitance dont certains pensent qu'elle augmenterait les coûts, mais dont d'autres suggèrent qu'elle pourrait au contraire les réduire, soit par la mise en jeu d'un partenariat public-privé dans le cadre de l'ordonnance de juin 2004. L'une ou l'autre de ces mesures devraient permettre des économies de l'ordre de 10% à 20%.

---

<sup>32</sup> Les rames Paris Sud-Est livrées entre 1978 et 1986 ont déjà fait l'objet de révisions.

## ANNEXE 6 : Calcul détaillé des bilans économiques

**Scénario 1 : pas de restructuration du graphique et pas de sous-traitance**  
**Variante : ERTMS (en superposition de la TVM 300)**

*Investissements en M€ 2002*

	Infrastructure	Matériel roulant	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
2004				
2005				
2006				
2007	-5,7	-4,3	-12,2	0,0
2008	-5,7	-37,4	-18,3	-0,2
2009	-5,7	-39,1	-12,2	-0,3
2010	-5,7	-9,9	32,6	-1,1
2011	-25,7	-3,2	10,2	-1,1
2012		-3,2		-0,5
2013		-5,5	-46,9	-0,5
2014		-22,4	12,2	-0,7
2015		-35,7	-26,5	-0,8
2016		-33,5		-0,9
2017			61,2	-0,9
2018				-0,9
2019		-2,2	4,1	-0,9
2020			-4,1	-0,9
2021				-0,9
2022				-0,9
2023				-0,9
2024				-0,9
2025				-0,9
2026				-0,9
2027	-5,7			-0,9
2028	-5,7			-0,9
2029	-5,7			-0,9
2030	-5,7			-0,9
2031	-5,7			-0,9
2032				-0,9
2033				-0,9
2034				-0,9
2035				-0,9
2036				-0,9
2037				-0,9
2038				-0,9
2039				-0,9
2040				-0,9
2041				
<b>Total</b>	<b>-77,2</b>	<b>-196,4</b>	<b>0,0</b>	<b>-28,1</b>

Total : -301,8

*Flux actualisés avec valeur résiduelle*

	Infrastructure	Matériel roulant	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
2004				
2005				
2006				
2007	-8,4	-6,4	-18,0	0,0
2008	-7,8	-50,9	-25,0	-0,2
2009	-7,2	-49,3	-15,4	-0,4
2010	-6,7	-11,6	38,0	-1,3
2011	-27,8	-3,4	11,0	-1,2
2012		-3,2		-0,5
2013		-5,0	-43,4	-0,5
2014		-19,2	10,5	-0,6
2015		-28,3	-21,0	-0,6
2016		-24,6		-0,7
2017			41,6	-0,6
2018				-0,6
2019		-1,3	2,4	-0,5
2020			-2,2	-0,5
2021				-0,5
2022				-0,4
2023				-0,4
2024				-0,4
2025				-0,3
2026				-0,3
2027	-1,8			-0,3
2028	-1,7			-0,3
2029	-1,5			-0,2
2030	-1,4			-0,2
2031	-1,3			-0,2
2032				-0,2
2033				-0,2
2034				-0,2
2035				-0,2
2036				-0,1
2037				-0,1
2038				-0,1
2039				-0,1
2040				-0,1
2041				
<b>Total</b>	<b>-63,9</b>	<b>-203,2</b>	<b>-21,5</b>	<b>-13,1</b>

Total : -301,7

- Les investissements en infrastructure sont la pose d'ERTMS durant cinq ans, la pose de la TVM 430 en région parisienne en 2011 et le renouvellement d'ERTMS au bout de 20 ans.
- Les investissements en matériel roulant sont les transformations de rames déjà en service et les surcoûts d'équipement en bistrandard complet par rapport au bistrandard réduit pour les rames neuves. Les coûts fixes pour chaque série sont pris en compte dans ces tableaux.
- Les immobilisations sont calculées année par année selon le nombre de rames immobilisées comme le coût du capital pour un taux d'actualisation de 8% réel.
- Les charges d'exploitation sont d'une part les surcoûts ou manque à gagner liés aux travaux sur la voie et les coûts d'exploitation supplémentaires liés au bistrandard complet.



**Scénario 2 : pas de restructuration du graphique mais appel à la sous-traitance  
Variante : ERTMS (en superposition de la TVM 300)**

*Investissements en M€ 2002*

	Infrastructure	Matériel roulant	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
2004				
2005				
2006				
2007	-5,7			
2008	-5,7	-22,5	-32,6	-0,1
2009	-5,7	-48,4	-48,9	-0,6
2010	-5,7	-20,1	51,0	-0,7
2011	-25,7	-17,6	10,2	-0,8
2012		-3,2	20,4	-0,8
2013		-3,2		-0,9
2014		-3,2		-0,6
2015		-31,4	-55,0	-0,8
2016		-45,7	-26,5	-0,9
2017			81,5	-0,9
2018				-0,9
2019		-1,1	-2,0	-0,9
2020			2,0	-0,9
2021				-0,9
2022				-0,9
2023				-0,9
2024				-0,9
2025				-0,9
2026				-0,9
2027	-5,7			-0,9
2028	-5,7			-0,9
2029	-5,7			-0,9
2030	-5,7			-0,9
2031	-5,7			-0,9
2032				-0,9
2033				-0,9
2034				-0,9
2035				-0,9
2036				-0,9
2037				-0,9
2038				-0,9
2039				-0,9
2040				-0,9
2041				-0,9
<b>Total</b>	<b>-77,2</b>	<b>-196,4</b>	<b>0,0</b>	<b>-28,1</b>

Total : -301,8

*Flux actualisés avec valeur résiduelle*

Infrastructure	Matériel roulant	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
-8,4			
-7,8	-30,6	-44,4	-0,1
-7,2	-61,0	-61,6	-0,7
-6,7	-23,5	59,4	-0,8
-27,8	-19,0	11,0	-0,8
	-3,2	20,4	-0,8
	-3,0		-0,8
	-2,7		-0,5
	-24,9	-43,7	-0,6
	-33,6	-19,5	-0,7
		55,5	-0,6
			-0,6
	-0,6	-1,2	-0,5
		1,1	-0,5
			-0,5
			-0,4
			-0,4
			-0,4
			-0,3
			-0,3
-1,8			-0,3
-1,7			-0,3
-1,5			-0,2
-1,4			-0,2
-1,3			-0,2
			-0,2
			-0,2
			-0,2
			-0,1
			-0,1
			-0,1
			-0,1
			-0,1
			-0,1
1,8	0,0	0,0	0,0
<b>-63,9</b>	<b>-202,1</b>	<b>-22,9</b>	<b>-13,1</b>

Total : -302,0





**Scénario 3 : restructuration du graphique et appel à la sous-traitance  
Variante : ERTMS (en superposition de la TVM 300)**

*Investissements en M€ 2002*

	Infrastructure	Matériel roulant ERTMS	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
2004				
2005				
2006				
2007				
2008		-3,5		0,0
2009		-3,2		-0,1
2010		-26,8	-20,4	-0,2
2011		-29,8	4,1	-0,2
2012	-5,7	-3,2	16,3	-0,3
2013	-5,7	-3,2		-0,3
2014	-5,7	-3,2		-0,4
2015	-5,7	-7,5	-28,5	2,0
2016	-25,7	-45,2	-53,0	-1,3
2017			71,3	-0,6
2018		-2,3	-71,3	-0,6
2019		-45,2	71,3	-0,7
2020			10,2	-0,7
2021				-0,7
2022				-0,7
2023				-0,7
2024				-0,7
2025				-0,7
2026				-0,7
2027				-0,7
2028				-0,7
2029				-0,7
2030				-0,7
2031				-0,7
2032	-5,7			-0,7
2033	-5,7			-0,7
2034	-5,7			-0,7
2035	-5,7			-0,7
2036	-5,7			-0,7
2037				-0,7
2038				-0,7
2039				-0,7
2040				-0,7
2041				-0,7
Valeur résiduelle				
<b>Total</b>	<b>-77,2</b>	<b>-173,0</b>	<b>0,0</b>	<b>-18,3</b>
<b>Total :</b>			<b>-268,5</b>	

*Flux actualisés avec valeur résiduelle*

	Infrastructure	Matériel roulant ERTMS	Immobilisation du matériel roulant	Charges d'exploitation
		-4,8		-0,1
		-4,0		-0,1
		-31,3	-23,8	-0,2
		-32,2	4,4	-0,3
	-5,7	-3,2	16,3	-0,3
	-5,3	-3,0		-0,3
	-4,9	-2,7		-0,3
	-4,5	-5,9	-22,7	1,6
	-18,9	-33,2	-39,0	-0,9
			48,6	-0,4
		-1,4	-45,0	-0,4
		-26,4	41,6	-0,4
			5,5	-0,4
				-0,4
				-0,3
				-0,3
				-0,3
				-0,3
				-0,3
				-0,2
				-0,2
				-0,2
				-0,2
				-0,2
	-1,2			-0,2
	-1,1			-0,1
	-1,1			-0,1
	-1,0			-0,1
	-0,9			-0,1
				-0,1
				-0,1
				-0,1
				-0,1
				-0,1
				-0,1
				-0,1
<b>Total</b>	<b>-42,2</b>	<b>-148,1</b>	<b>-13,9</b>	<b>-6,4</b>
<b>Total :</b>			<b>-210,7</b>	

- Dans ce scénario on prend en compte en plus la transformation à 300 km/h pour les rames PSE en 2010 et 2011.



## ANNEXE 7 : Note sur les problèmes de transition dans le domaine aéronautique.

La problématique de l'introduction de l'ERTMS dans le domaine ferroviaire rejoint une problématique générale de transition d'un système existant vers un autre système perçu comme indispensable et qui présente de meilleures qualités de performances technique ou économique, ou d'interopérabilité.

Si on partait d'un terrain vierge, il y aurait peu d'hésitation à le mettre en œuvre. Mais dans un système de transport mature qui fonctionne correctement, la transition peut modifier sensiblement le bilan avantage/inconvénient, notamment quand la transition implique une interface entre plusieurs acteurs, entre le sol et le bord par exemple. En tous cas, l'introduction ne peut être envisagée sans intégrer la dimension transition, d'autant plus si le système existant est tendu et risque d'être fortement perturbé par la transition avant que le nouveau système puisse prendre le relais à un niveau de service au moins équivalent.

Dans le cas de l'étude confiée au CGPC sur l'augmentation de la capacité de la LGV Paris-Lyon, avec introduction de normes européennes comme ERTMS, il est apparu intéressant de croiser les cultures entre modes de transport.

Les problématiques et les expériences sont différentes. La note ne prétend pas plaquer une expérience du monde aéronautique sur le ferroviaire. Elle a juste l'ambition de donner à titre d'information quelques exemples de transitions réussies ou non. Il reste que les enseignements tirés ont pu servir dans la réflexion autour de la problématique de l'augmentation de la capacité de la LGV Paris-Lyon et de l'introduction de l'ERTMS.

### UN MONDE AERONAUTIQUE NORMALISE AU PLAN MONDIAL

Avant la fin de la seconde guerre mondiale, dans la perspective du développement du transport aérien, les Etats ont créé l'OACI, Organisation de l'aviation civile internationale. Elle a bâti et continue à bâtir un ensemble de normes et pratiques recommandées dans tous les aspects mettant en jeu la sécurité du transport aérien international et les conditions de son développement (règles de circulation, personnels navigants, maintenance des aéronefs, aéroports, équipements de navigation, systèmes de gestion de la circulation aérienne, etc).

Ces normes sont prolongées par d'autres normes au plan européen par exemple pour la certification des avions, ou pour l'interopérabilité entre les systèmes de gestion de la circulation aérienne (échanges de données radars, échanges inter-systèmes)...

C'est dans ce contexte que se situe toute évolution des systèmes afin de garantir un niveau minimum de sécurité acceptable à travers le monde, et de garantir qu'un avion conforme aux normes pourra se servir des moyens normalisés au sol en toute sécurité et que les services au sol pourront traiter cet avion.

## UN ECHEC : le MLS

Depuis l'après guerre, à l'atterrissage, en particulier par mauvaise visibilité, les avions se repèrent par rapport à un faisceau ILS (Instrumental Landing System) associé à une indication de distance au point nominal d'atterrissage DME (Distance Measurement Equipment). On arrive aujourd'hui à atterrir par épais brouillard. Néanmoins l'ILS peut être perturbé lorsque le site est montagneux ou encombré, ce qui est le cas de certains grands aéroports. Par ailleurs, les Etats-Unis ont voulu briser le monopole français qui s'était créé autour de la construction de ces équipements pour la partie sol. En 1980, une nouvelle norme dénommée MLS (M pour microwave) a été adoptée. En même temps, il était prévu que la norme ILS ne serait plus garantie à partir de 1995.

La mise au point technique du nouvel équipement a été très difficile et très longue à mettre, avec un coût global bien au-delà des arguments publicitaires. Les opérateurs ont été très réticents à devoir emporter un double équipement pendant plusieurs années pour pouvoir accéder aux aéroports de leur réseau, jusqu'à ce qu'en 1994 soit normalisé un équipement multi-modes qui restitue au pilote la même visualisation indépendamment du système (ILS, MLS et ...satellite).

En définitive, il est probable que le MLS ne sera installé que sur quelques aéroports où il devient impossible de garantir un atterrissage par tous temps à cause des réflexions sur les bâtiments alentour, ou où il devient nécessaire de maintenir un rythme d'atterrissage même par mauvaise visibilité. Seuls quelques opérateurs basés sur ces terrains équiperont leurs avions à partir d'une certaine taille. La norme ILS se voit prolongée pour encore longtemps.

## UN SUCCES DIFFICILE : LA VERSION 4 DU CAUTRA

Le CAUTRA est le système français d'automatisation du contrôle de la circulation aérienne (automatisation du traitement et de visualisation de l'information au contrôleur, de la coordination entre contrôleurs d'un même centre ou entre centres, et aussi de début d'aide à la décision). En 1975, la décision a été prise de passer à une nouvelle version en modifiant fondamentalement le mode de production du logiciel et le type de support (plusieurs mini calculateurs couplés). Pendant la mise en place d'un nouveau système de développement et le développement lui-même, pour répondre aux besoins de capacité de contrôle et d'optimisation pour faire face à la croissance du trafic aérien, le système en exploitation a nécessairement continué d'évoluer, générant de nouvelles spécifications pour le nouveau système puisqu'il ne devait en aucun cas entraîner de régression.

La difficulté a été de maintenir non un parallélisme mais d'établir une convergence des fonctionnalités, ce qui a pu être atteint par un gel relatif et limité dans le temps de l'ancien système lorsqu'il est apparu que l'échéance du nouveau système devenait réalistement proche avec les conditions requises de bon fonctionnement. La transition a été faite aussi par étapes en séparant les grandes fonctionnalités (traitement radar et des plans de vol). La transition s'est étalée sur 15 ans.

## UN SUCCES ENCORE À VENIR

Depuis le milieu des années 1980, il est dit que la solution à toutes les difficultés des communications, de la navigation, de la surveillance et par conséquent du contrôle de la circulation aérienne passe par le tout satellite. Il est certain que si nous devons bâtir le système aujourd'hui à partir d'une feuille blanche, il le serait autour des satellites (mais pas seulement car les communications peuvent être trop longues, ou brouillées dans certaines circonstances).

Mais pendant plusieurs années les systèmes actuels devront continuer à être utilisés, en même temps que se mettent en place les systèmes satellitaires. Le nouveau système reporte sur le bord un coût non négligeable qu'une partie des transporteurs aériens ne peut assumer. Par ailleurs, ils payent à travers des redevances le fonctionnement et l'amortissement du système actuel. De plus, le plein bénéfice des apports du nouveau système ne peut apparaître que lorsque la majorité des avions contrôlés sont équipés. Au total le bilan économique ne devient positif qu'à moyen ou long terme.

De ce fait, le système se met progressivement en place là où justement il y a peu d'infrastructures (océans, zones désertiques ou polaires, aérodromes dont on veut améliorer l'accessibilité), et où le satellite apporte une amélioration immédiate.

Pour le futur, avant d'abandonner les systèmes actuels, il faudra une démarche volontariste appuyée par un financement extérieur (communautaire par exemple pour Galileo). Il faudra aussi résoudre la question non encore résolue de certification de la qualité du signal transmis et de la responsabilité en cas de dommage consécutif à une insuffisance du signal, question qui est aujourd'hui d'une grande clarté à travers la responsabilité des Etats établie par la Convention qui a créé l'OACI.