

SNCF RÉSEAU

**EXPERTISE
DES ÉTUDES MENÉES JUSQU'EN 2014
SUR LA LIGNE BORDEAUX - TOULOUSE**

RAPPORT DE L'EXPERTISE

Direction de l'étude:
Dr Pan. Tzieropoulos

Doc. LITEP 259/2015.1

Juillet 2015

L'expertise des études menées jusqu'en 2014 sur la ligne Bordeaux - Toulouse a été confiée par SNCF Réseau a au Groupe Intermodalité des transports et planification (LITEP) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse (EPFL).

Le présent document constitue le rapport d'expertise.

L'équipe de l'EPFL-LITEP en charge de cette étude a été constituée de:

<i>Dr P. Tzieropoulos</i>	<i>Direction de l'étude et rédaction</i>
<i>Daniel Émery</i>	<i>Chef de projet; Temps de parcours, Exploitation</i>
<i>Jean-Daniel Buri</i>	<i>Chef de projet; Capacité; Gares</i>

<i>Sara Ibáñez Porcar</i>	<i>Analyses</i>
<i>Alexandros Panagiotopoulos</i>	<i>Analyses</i>

Les conclusions, appréciations et qualifications contenues dans le présent document relèvent de la seule responsabilité de l'EPFL-LITEP et n'engagent pas SNCF Réseau.

Lausanne, le 20 juillet 2015.

TABLE DES MATIÈRES

1	LA MISSION ET SON CADRAGE	1
1.1	Introduction.....	1
1.2	Cahier des charges.....	1
1.3	Objectifs, champ et démarche.....	2
1.4	Contenu du rapport.....	3
2	L'ÉTUDE DITE "CLARACO": UNE FAUSSE PISTE DE RÉFLEXION.....	5
2.1	Problématique	5
2.2	L'avis des experts	5
2.3	Les bases de la comparaison	5
	Les scénarios du maître de l'ouvrage.....	5
	L'étude Claraco.....	7
2.4	Temps de parcours.....	8
2.5	Les calculs des experts	9
2.6	Coûts d'investissement.....	12
2.7	Des biais inévitables	14
2.8	Épilogue: la vraie question de fond	15
3	UN TRAIN PENDULAIRE SUR LA LIGNE ACTUELLE?	16
3.1	Problématique	16
3.2	L'avis des experts	16
3.3	Des inconvénients sans contrepartie.....	16
	Le principe et ses limites	16
	Hypothèses de calcul	17
	Résultats des calculs et leur analyse.....	18
	Investissements, coûts d'exploitation et complications	20
3.4	Pour conclure sur la pertinence de cette option	21
4	DES TEMPS DE PARCOURS ET DES GAINS DE TEMPS.....	22
4.1	Problématique	22
4.2	L'avis des experts	22
4.3	L'effet des arrêts intermédiaires.....	22
5	LA QUESTION DE LA CAPACITÉ	24
5.1	Problématique	24
5.2	L'avis des experts	24
5.3	Une vision nécessairement macroscopique	25
5.4	Accélérer les trains rapides réduit la capacité.....	25
5.5	Capacité des tronçons communs.....	26
5.6	Adéquation des aménagements proposés par le scénario Optimisé.....	27
6	Y A-T-IL UN BIAIS DANS LA COMPARAISON DES COÛTS?	29
6.1	Réaménager la ligne actuelle coûte autant que la construire une ligne nouvelle?.....	29
	Problématique	29
	L'avis des experts	29
	Choix méthodologiques.....	29
	Dans l'ensemble.....	30
	Les raisons du doute.....	31
	Pour conclure sur les coûts.....	31
6.2	La question des passages à niveau	32
	Problématique	32
	L'avis des experts	32
	L'ampleur du problème en termes de nombre et de coût	32
	En conclusion, pour ce qui concerne les passages à niveau	33

7	LA GRANDE VITESSE, LA MÉTROPOLISATION ET LES DÉPLACEMENTS DU QUOTIDIEN.....	34
7.1	Problématique	34
7.2	L'avis des experts	34
7.3	Des chances et des risques	34
	Constat 1: Accélération du développement économique.....	35
	Constat 2: Soutien à la promotion d'une mobilité dite durable.....	35
	Constat 3: La demande est sensible au temps, mais au prix aussi	36
	Constat 4: Un risque réel d'assécher le financement au détriment du réseau classique.....	37
	Constat 5: Un risque d'approfondir le fossé régional	37
8	LES ÉTUDES D'IMPACTS	38
8.1	Problématique	38
8.2	L'avis des experts	38
8.3	Évaluation d'ensemble des impacts	39
8.4	Impacts sur le bâti.....	40
8.5	Épilogue sur les impacts	41
9	CONCLUSIONS.....	42
9.1	Recentrer le débat sur l'enjeu	42
9.2	Les bases pour une décision	42
9.3	Commentaires sur les conclusions du maître de l'ouvrage.....	43
9.4	Temps de parcours et investissement	44
9.5	Capacité ferroviaire.....	45
9.6	La grande vitesse et les déplacements du quotidien.....	45
9.7	Les études d'impacts	46
9.8	Globalement	46
	ANNEXE 1 RÉFÉRENCES	1
A1.1	Documents d'étude.....	1
A1.2	Documents techniques - Normes & Référentiels	1
A1.3	Bibliographie	2
	ANNEXE 2 ÉTUDES DES TEMPS DE PARCOURS.....	3
A2.1	Hypothèses et données de base.....	3
	A2.1.1 Matériel roulant.....	3
	A2.1.2 Tracés étudiés.....	3
	A2.1.3 Stratégies et durée d'arrêts.....	3
	A2.1.4 Des temps techniques aux temps de l'horaire	4
A2.2	Cas calculés.....	4
A2.3	Quelques résultats.....	5
	A2.3.1 Calculs sur le tracé "Claraco"	5
	A2.3.2 Calculs sur le tracé "RFF Optimisé"	7

EXPERTISE DES ÉTUDES MENÉES JUSQU'EN 2014 SUR LA LIGNE BORDEAUX - TOULOUSE

En quelques mots et quelques questions/réponses, les résultats et conclusions de l'expertise

En quelques mots

L'expertise menée par l'EPFL-LITEP sous mandat de SNCF Réseau - et en un temps très court - tente de valider ou d'infirmer un certain nombre de proclamations dans le débat sur la liaison entre Bordeaux et Toulouse. Ce débat a lieu, avec d'autres, dans le contexte des études visant à déclarer d'utilité publique le *Grand Projet du Sud-Ouest*.

Les conclusions des experts peuvent être résumées en 3 thèses.

Thèse 1:

L'étude dite Claraco, une fois corrigée de ses excès d'optimisme, équivaut pour l'essentiel au scénario dit optimisé qu'a étudié RFF en son temps. Ceci est vrai tant pour les coûts que pour les performances (qualité de service).

Thèse 2:

De ce fait, le projet le plus fiable d'une solution de requalification de la ligne actuelle est celui qui correspond au scénario optimisé. Indirectement, ce scénario complète aussi en la corrigeant l'étude Claraco (ou, plutôt, le concept qui y a mené), grâce à des réflexions plus élaborées et des études plus approfondies et plus professionnelles.

Thèse 3:

Ceci éclaire le débat sous une autre lumière. La question n'est pas de savoir s'il convient d'opter pour les conclusions Claraco ou celles du maître de l'ouvrage, mais de se prononcer entre deux améliorations de la liaison Bordeaux - Toulouse:

- la construction d'une ligne nouvelle, qui offre un saut qualitatif considérable en termes de qualité de service, et ceci pour tous les usagers, ceux du quotidien compris, mais au prix d'un investissement conséquent et un accroissement modeste des coûts d'exploitation;
- la requalification de la ligne actuelle, offrant certes une amélioration plus modeste de la qualité de service, mais pour un investissement moindre.

C'est un choix éminemment politique et les experts déborderaient abusivement de leur rôle s'ils tentaient de proposer l'un ou l'autre parmi ces deux choix.

Est-il pertinent d'envisager l'adoption d'un matériel pendulaire?

Avec du matériel classique, le facteur déterminant qui limite la vitesse est le confort des voyageurs, qui fixe une limite bien plus basse que la sécurité (risque de ripage de la voie). Ce différentiel entre la limite de vitesse due au confort et celle imposée par la sécurité crée un potentiel de gains de temps que peut exploiter un matériel pendulaire. Ce dernier, en permettant à la "caisse" de s'incliner à l'intérieur de la courbe, autorise des vitesses de passage en courbe plus élevées tout en respectant la limite de confort des voyageurs. Plus la ligne est sinueuse, plus ce potentiel de gains est élevé. De même, plus la différence entre la limite de confort et celle de la sécurité est grande, plus le potentiel de gains est élevé. Ainsi, les gains attendus de l'adoption d'un matériel pendulaire dépendent de la ligne particulière, d'une part, et des règles quant à la limite de confort des voyageurs, d'autre part.

Parce que l'inconfort autorisé en France est relativement élevé, *ceteris paribus*, l'intérêt d'un matériel pendulaire y est moins marqué qu'ailleurs. Avec des hypothèses favorables aux gains de temps de parcours, l'EPFL estime que du matériel pendulaire permettrait de gagner quelques 17 minutes sur la ligne actuelle (et moins de 8 minutes sur un tracé selon le scénario "Optimisé" de SNCF Réseau). Les gains réels avec des hypothèses moins outrancières s'approcheraient vraisemblablement des 12 minutes calculés en son temps par RFF.

Or ces gains s'obtiennent au prix d'investissements conséquents non seulement en matériel roulant, mais aussi en infrastructure (entraxe des voies, augmentation du dévers, renforcement de l'armement de la voie). Ils compliquent singulièrement l'exploitation et augmentent les coûts de maintenance de la voie et du matériel roulant. Notons enfin que ces gains s'annulent pour des liaisons entre Toulouse et Paris si un transbordement à Bordeaux devient nécessaire.

Les experts sont ainsi d'avis que, dans le cas d'espèce et compte tenu du faible gain en temps de parcours, une analyse socio-économique serait probablement défavorable à l'option d'introduction des trains à inclinaison de caisse.

L'enjeu dans cette affaire: payer combien et pour quels gains de temps?

L'expertise n'a été capable d'identifier aucun élément qui permettrait de remettre en cause l'estimation des investissements réalisée par le maître de l'ouvrage. Dans l'incapacité matérielle, par manque de temps et par contrainte de proportionnalité, de reproduire la totalité des études de SNCF Réseau, les experts ont appliqué une approche de "vérificateur des comptes", opérant par validation des ordres de grandeur, par des comparaisons et par sondages sur des éléments sensibles. Aucun de ces contrôles n'a permis de trouver des éléments susceptibles de créer un doute quant aux estimations proposées.

L'expertise est ainsi en mesure de valider les ordres de grandeur des investissements annoncés par SNCF Réseau.

L'EPFL a calculé les temps de parcours sur la ligne Bordeaux - Toulouse, dans sa configuration actuelle d'une part, et requalifiée selon le scénario dit "Optimisé" du maître de l'ouvrage, d'autre part. Ce scénario représente, de l'avis des experts, le seul scénario raisonnable de requalification de la ligne à des coûts supportables (et pour mémoire, correspondant à une réalisation techniquement solide et économiquement réaliste du concept qui a guidé l'élaboration de la solution dite "Claraco"). Souvent identiques, à quelques différences ne dépassant pas les 2 minutes, les temps calculés par l'EPFL correspondent à ceux figurant dans le dossier d'études du GPSO.

L'expertise valide les gains de temps annoncés par SNCF Réseau.

Le tableau ainsi présenté aux décideurs revient à opter parmi trois possibilités (en valeurs d'euros 2011 et portant sur la partie St-Médard - St-Jory, à l'exception donc d'environ 1,2 milliards d'investissements capacitaires au Sud de Bordeaux et au Nord de Toulouse):

- ne rien investir de plus que ce qui est nécessaire au maintien de l'offre actuelle;
- investir quelques 3,5 milliards pour des gains de temps de l'ordre de 20 minutes;
- investir 5,7 milliards pour des gains de temps de 49 à 56 minutes.

Options	Investissements d'infrastructure en € ₂₀₁₁ arrondis à 100 millions	Gains de temps par rapport à aujourd'hui	Commentaires
Ne rien faire	-	aucun	Seuls investissements de rénovation et de modernisation
Requalifier la ligne actuelle	3,4 milliards	19 à 20 minutes	Selon scénario RFF Optimisé
Construire une nouvelle ligne à grande vitesse	5,7 milliards	49 à 56 minutes	Selon études GPSO

Tableau R1: Les enjeux de la décision

Il n'appartient bien entendu pas à l'expertise de se prononcer sur ce choix.

Les défenseurs de la ligne nouvelle ne manqueront pas de relever que le "prix de la minute gagnée" est nettement plus intéressant avec cette option. En tenant compte de l'ensemble de l'investissement, y compris les investissements capacitaires de 1,2 milliards communs aux deux options, la minute gagnée revient à:

- 125 à 140 millions par minute gagnée en cas de construction d'une ligne nouvelle, contre
- 230 millions environ en cas de requalification de la ligne actuelle.

Au-delà de la validité mathématique incontestable de ce raisonnement, les experts tiennent à relever que le rendement unitaire n'est qu'un des critères du choix économique et que, parfois, on opte pour des solutions à rendement moindre afin simplement de garantir un niveau supportable du financement.

Des différences inexplicables entre gains de temps de parcours?

Durant les débats et l'enquête, une interrogation est apparue quant à l'estimation des gains de temps. Ces gains sont estimés pour la ligne actuelle requalifiée à 20 minutes pour un trajet sans arrêt entre Bordeaux et Toulouse et à 19 minutes si le train marque deux arrêts intermédiaires, à Agen et à Montauban. Or, pour ce qui concerne la ligne nouvelle, ces gains s'élèvent respectivement à 56 et 49 minutes, soit une différence qui n'est pas négligeable: plus de 10% des gains sont "perdus", si le train marque ces deux arrêts supplémentaires.

Cet écart est réel et les calculs permettent de le confirmer pleinement. Il ne fait que refléter une réalité simple: plus une ligne est rapide, plus un arrêt supplémentaire pénalise les temps de parcours.

Ainsi, si une gare existante est traversée à 80 km/h par un train qui ne s'y arrête pas, le fait de s'y arrêter ne prolonge les temps de parcours que d'environ 1 minute. Si par contre une gare nouvelle peut être traversée à 220 km/h, un arrêt coûterait environ 3 minutes en temps de parcours perdu dans les phases de freinage pour s'arrêter et de ré-accélération pour regagner la vitesse de ligne.

Des aménagements pour la capacité grèvent-ils indûment le coût de la requalification?

Ne pourrait-on pas limiter la requalification de la ligne existante à la seule amélioration des performances des trains sans élargissements (adjonction de voies supplémentaires)?

L'expertise apporte une réponse négative à cette question: selon l'avis des experts, toute requalification permettant le relèvement de la vitesse de certains trains conduit inévitablement à une baisse de capacité du système. Cette baisse est provoquée par l'augmentation de la dispersion des vitesses. Elle ne peut être corrigée, pour l'essentiel, que par des investissements en infrastructure.

Ce débat doit de surcroît s'inscrire dans une vision dynamique, celle d'une croissance à long terme du ferroviaire, sous la double impulsion du besoin d'assurer un développement plus durable, d'une part, et la croissance jusqu'à la maturation des TER, d'autre part. À cette croissance "naturelle" s'ajoute aussi la demande induite par une augmentation de la qualité de l'offre grâce aux gains de temps que produirait la requalification de la ligne.

S'il est vrai que l'état d'avancement du projet ne permet pas de mettre en évidence toutes les possibilités d'optimisation (ceci demanderait de pouvoir disposer d'horaires quasi définitifs), il est néanmoins tout aussi vrai que les aménagements qualifiés de capacitaires paraissent nécessaires et que l'ordre de grandeur de leur coût paraît justifié.

Globalement, l'avis des experts peut être exprimé en quatre points.

- Les investissements capacitaires, que le maître de l'ouvrage prévoit au Sud de Bordeaux et au Nord de Toulouse quel que soit le scénario (ligne nouvelle ou requalification de l'existante), sont incontournables dans leur principe. L'investissement qui leur correspond doit être prévu.
- Les experts n'ont pas identifié, dans l'un ou l'autre des projets du maître de l'ouvrage, des éléments d'augmentation de la capacité qui relèveraient du superflu ou que l'on pourrait qualifier de "luxueux".
- Une optimisation fine des investissements en capacité ne pourrait se faire que lorsque les options quant à l'offre seront mieux précisées qu'aujourd'hui. Selon les experts, une définition plus précise de l'offre devrait constituer un des prochains pas de la poursuite des études, quitte à recourir à des variantes.
- Une offre systématique permet statistiquement de réduire les besoins en investissement de capacité. Le mot clef, ici, est "statistiquement". À ce stade, il n'est pas possible d'affirmer qu'une réduction des investissements motivés par des besoins de capacité soit envisageable, que ce soit pour la ligne nouvelle ou pour la requalification de la ligne existante.

Comment comptabiliser le coût de la suppression des passages à niveau?

L'expertise prend acte de ce que:

- il n'y a pas aujourd'hui une politique systématique et coordonnée de suppression des passages à niveau sur le réseau ferré national; ce terme de "politique systématique" comprend non seulement les règles qui doivent guider l'action mais aussi le financement pour le faire;
- la réglementation actuelle interdit des vitesses supérieures à 160 km/h sur des sections de ligne où subsistent des passages à niveau;
- la requalification de la ligne actuelle afin de relever la vitesse à 220 km/h exigerait la suppression d'une centaine de passages à niveau; il est illusoire de penser que leur suppression interviendrait "naturellement" avant une requalification éventuelle de la ligne existante.

Sur la base de ces éléments, l'expertise conclut que le coût de suppression des passages à niveau doit, sans aucune hésitation, grever le coût de requalification de la ligne actuelle. Toute autre option induirait un biais dans les évaluations comparatives en vue de la décision.

La grande vitesse ne favorise-t-elle ceux qui sont déjà forts?

La grande vitesse offre de vraies chances de soutenir une politique de développement économique et une mobilité durable. Elle présente également des risques réels en termes d'équité territoriale et d'épuisement des ressources publiques au détriment du réseau classique.

Or reconnaître la réalité d'un risque ne revient pas à affirmer la certitude qu'il sera réalisé. Au fil des années, les grands projets d'infrastructure qui bénéficiaient jadis d'une adhésion unanime, deviennent parfois - au gré des changements de mentalité - des objets de focalisation de la

contestation. Souvent alors, la critique d'un projet tend à mettre en exergue les risques encourus et les porter au stade de certitudes. Ceci équivaut à un procès d'intentions que la présente expertise se refuse d'admettre.

Afin de bénéficier des avantages potentiels et de maîtriser les risques, la mise en place de liaisons à grande vitesse devrait être associée à une politique forte et pérenne de maîtrise du développement territorial. Cette politique devrait aussi être couplée à une planification sophistiquée et souple à la fois, capable de suivre l'évolution des territoires et des activités et de s'adapter lorsque des dérives apparaissent. Cette politique devrait:

- favoriser la complémentarité entre TER et grande vitesse qu'une LGV rend possible;
- gérer, voire inverser par des mesures efficaces, une tendance non désirée d'accroissement de la métropolisation.

Bénéficier des chances que la grande vitesse offre et maîtriser les risques qu'elle pourrait représenter dépend de la pertinence de la politique qui accompagnera sa mise en place. L'expertise ne peut donc se prononcer de manière non ambiguë sur un risque possible d'accroître la métropolisation.

Il en est de même des déplacements du quotidien. Un système à deux lignes parallèles dédiées, une à la grande vitesse, l'autre aux déplacements du quotidien et au fret, offre un extraordinaire potentiel de développement d'une offre périurbaine et pour les déplacements à moyenne distance. Il appartient toutefois à la collectivité d'exploiter ce potentiel; les bénéfices ne se réalisent pas de manière automatique; leur concrétisation demande de la volonté politique et de l'action.

Que dire des impacts?

Les experts, en accord avec le maître de l'ouvrage, mais aussi avec la Commission d'enquête et les opposants à la construction d'une ligne nouvelle, constatent que l'option de construction d'une ligne nouvelle produit plus d'impacts négatifs en termes de consommation d'espace (et donc d'acquisition de terrains), d'effet de coupure et de territoires "délaissés" qu'une requalification de la ligne existante. Ils constatent par contre qu'en termes de nuisances à la population (notamment acoustiques) la balance penche en faveur de la construction d'une ligne nouvelle.

En accord avec le maître de l'ouvrage, les experts soulignent l'importance particulière des impacts sur le bâti que produirait le choix de l'option de requalification de la ligne existante.

Aux yeux des experts, rien dans l'analyse des études existantes ne constitue une raison de doute quant à un biais en faveur de l'une ou l'autre des options.

Les experts ont en effet été dans l'incapacité de trouver des éléments qui permettraient de penser que de manière involontaire ou délibérée les résultats seraient biaisés ou les conclusions seraient formulées de manière à favoriser une option plutôt qu'une autre.

Pour conclure

Dans un délai court, procédant parfois par analyses détaillées, parfois par sondages et comparaisons, les experts sont arrivés à une double conclusion:

- si l'on désire une augmentation sensible de la qualité de service sur la liaison Bordeaux - Toulouse, la problématique de fond est un choix de société entre deux options; la première consiste à construire pour un peu moins de 7 milliards une nouvelle ligne à grande vitesse et gagner quelques 50 à 55 minutes de temps de parcours; la seconde revient, pour un investissement moindre d'un peu plus de 4,5 milliards, à requalifier la ligne existante, mais pour des gains de temps de parcours de l'ordre de 20 minutes; le choix relève de la décision politique;
- les éléments du dossier sont suffisamment solides et fiables pour permettre d'opérer ce choix de manière éclairée.

*

**

1 LA MISSION ET SON CADRAGE

1.1 Introduction

Dans le cadre de la procédure en vue de la Déclaration d'utilité publique du projet de lignes nouvelles Bordeaux - Toulouse / Bordeaux - Dax (partie de la phase 1 du Grand projet du Sud-Ouest, intitulé ci-après GPSO par simplification), la Commission d'enquête a émis un avis négatif. SNCF Réseau a souhaité confier au Groupe Intermodalité des transports et planification (ci-après LITEP) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne en Suisse (ci-après EPFL) une mission d'expertise.

L'expertise, définie par une série de contacts qui se sont conclus par la production d'un projet de cahier des charges (cf. § 1.2 ci-après), s'est déroulée de mai à juillet 2015 et ses conclusions font l'objet du présent rapport.

1.2 Cahier des charges

Le corps du projet de cahier des charges est reproduit ci-après en caractères italiques.

Dans le cadre de la préparation de l'enquête d'utilité publique portant sur les lignes nouvelles du GPSO, une mise à jour et des compléments d'études ont été menés entre 2012 et 2014 par SNCF Réseau concernant les alternatives à la réalisation d'une ligne nouvelle, avec la modernisation de la ligne existante Bordeaux - Toulouse (des études avaient déjà été menées avant le débat public de 2005 dans le cadre des réflexions sur l'axe Bordeaux - Toulouse - Narbonne). Trois scénarios contrastés portant sur la modernisation de la ligne existante, avec relèvement de vitesse, augmentation des capacités par adjonction de voie supplémentaire et le cas échéant création de shunts ont été établis.

Cette prestation a donné lieu à la production d'un rapport d'études accompagné d'annexes en date de juin 2014. À cette occasion, SNCF Réseau avait procédé à une analyse critique d'une étude mandatée en 2011 par les opposants au GPSO, dite « étude Claraco ».

Une synthèse de ces études 2012-2014, avec la présentation résumée des trois scénarios, a été intégrée au dossier soumis à l'enquête d'utilité publique, afin de permettre la comparaison avec l'option d'une ligne nouvelle en matière de performance, capacité, exploitation ferroviaire, impact environnemental, phase travaux. Les réflexions préalables au débat public ont également été rappelées.

Suite à cette enquête publique qui s'est tenue du 14 octobre au 8 décembre 2014, la commission d'enquête a rendu un avis défavorable. Le maître d'ouvrage prépare actuellement son mémoire en réponse qu'il doit fournir à l'État dans un délai de 4 mois, ramenés à mi-juin pour un premier rapport, avec l'objectif de répondre aux interrogations de la commission et permettre l'instruction de la DUP jusqu'à son terme.

Compte tenu des critiques émises par la commission d'enquête sur l'examen des solutions alternatives au projet, le maître d'ouvrage souhaite confier une presta-

tion d'expertise sur les études réalisées jusqu'en 2014 (domaines techniques, environnementaux, exploitation ferroviaire), notamment en ce qui concerne les performances attendues (temps de parcours, capacités), les principaux impacts ainsi que les estimations des coûts d'investissement.

Le travail comprendra deux phases :

1ère phase: Appropriation des études réalisées (pour le compte de SNCF Réseau et étude Claraco): prise de connaissance des études réalisées, réunions d'échange avec le maître d'ouvrage et ses ingénieries

2ème phase: Établissement d'un rapport d'expertise, en version provisoire, puis définitive après échange avec le maître d'ouvrage et reprises éventuelles suite à ses remarques

Calendrier souhaité:

Phase 1 et première version du rapport de phase 2: début juin 2015

Rapport définitif: mi-juillet 2015

À prévoir : réunions de travail avec le maître d'ouvrage (Paris ou Bordeaux).

Les contours exacts de l'expertise ont par la suite été précisés lors d'entretiens entre SNCF Réseau et l'EPFL-LITEP et consignés dans une offre remise le 11 mai 2015.

1.3 Objectifs, champ et démarche

Les délais extrêmement courts, imposant *grosso modo* une réalisation de l'expertise en moins de 2 mois, ont été déterminants quant à:

- l'ampleur du travail de contrôle et de vérification des études réalisées,
- par voie de conséquence, la méthodologie de validation de ces études et, aussi,
- le champ géographique couvert par l'expertise.

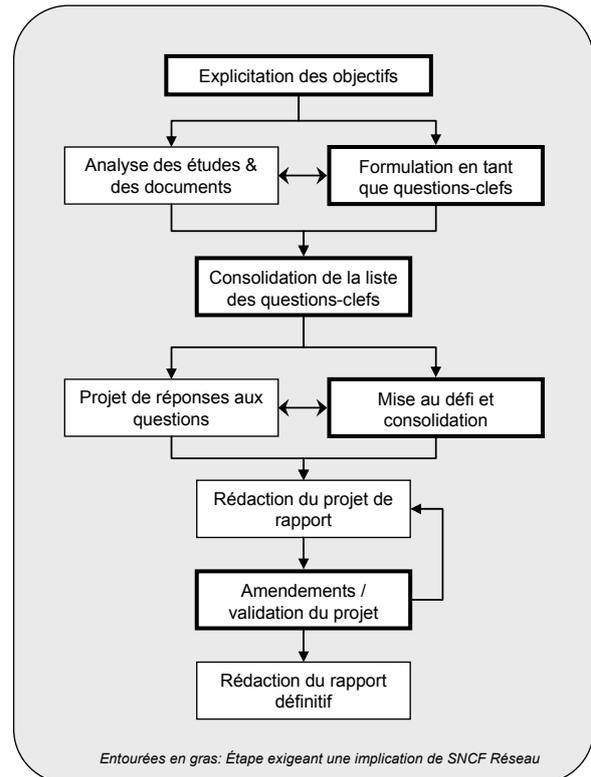
L'expertise se focalise sur la liaison Bordeaux - Toulouse. Cette liaison peut être assurée dans l'avenir soit par la requalification de la ligne actuelle, soit par la construction d'une ligne nouvelle à grande vitesse. L'expertise portera plus particulièrement sur la validation des études de réaménagement de la ligne existante en tant qu'alternative à la construction d'une ligne nouvelle.

Ceci laisse en dehors du champ de l'expertise les options évoquées d'une amélioration de la liaison entre Toulouse et Paris qui pourrait se faire par le recours à d'autres corridors que celui qui passe par Bordeaux. Ceci laisse également en dehors du champ de l'expertise la problématique de la liaison Bordeaux - Dax - Hendaye.

L'expertise porte un regard plus approfondi sur les aspects techniques (questions de temps de parcours, de capacité ferroviaire, voire de coûts). Les impacts environnementaux, notamment les impacts sur le bâti, sont examinés à l'aide des analyses environnementales déjà réalisées.

L'expertise s'est déroulée en 7 étapes:

- 1) Explicitation des objectifs de l'expertise en concertation avec SNCF Réseau
- 2) Analyse des documents d'étude
- 3) Traduction des objectifs de l'expertise sous forme d'une liste de questions auxquelles cette dernière est appelée à apporter des réponses
- 4) Consolidation de la liste des questions et demande d'informations complémentaires
- 5) Élaboration des réponses aux questions, mise au défi de ses réponses et rédaction du rapport d'expertise, en version provisoire
- 6) Échanges avec SNCF Réseau, en vue de consolider le rapport
- 7) Rédaction de la version finale du rapport d'expertise



Malgré une implication très active de SNCF Réseau, implication voulue et demandée par l'EPFL car imposée par les délais courts, l'expertise ne reflète que l'avis des experts, notamment lorsque celui-ci s'écarte de l'avis du maître d'ouvrage. L'EPFL est restée maître des analyses qu'elle a estimées nécessaires en portant notamment un regard critique, parfois aux limites de l'inquisiteur, par rapport à l'ensemble des études.

De ce fait, les éléments de ce rapport ne reflètent que l'avis des experts de l'EPFL et n'engagent pas SNCF Réseau.

1.4 Contenu du rapport

Les interrogations soulevées par l'alternative de réaménagement de la ligne actuelle et relevées notamment par la Commission d'enquête ([1] et [2])¹ ont été reformulées en tant que liste des questions, ce qui a permis de cibler la mission d'expertise afin d'en assurer la faisabilité dans le délai imparti à la mission. Cette liste a été qualifiée, triée et - par le biais de l'appareillement des questions - donne lieu au traitement de 7 grands thèmes, objet chacun de l'un des chapitres suivants.

La structure fondamentale des 7 chapitres qui suivent ci-après est identique. Ils commencent par un paragraphe qui pose la problématique traitée. Ce paragraphe est suivi par un deuxième, qui présente de manière sommaire l'avis des experts. Le reste de chaque chapitre contient le

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la liste des références, en Annexe 1.

développement qui a permis à l'expertise d'arriver aux réponses sommaires présentées. Ainsi, un lecteur pressé peut se limiter à la lecture des deux premiers paragraphes des chapitres 2 à 7.

Plus précisément, le deuxième chapitre tente de présenter l'étude dite "Claraco" sous une lumière nouvelle, en recadrant notamment la question des temps de parcours. Le troisième chapitre est consacré à la question des trains pendulaires, avant de reprendre la question des gains de temps de parcours dans le quatrième chapitre. Le cinquième chapitre porte sur la problématique de la capacité. L'avis des experts sur les différentes estimations des coûts fait l'objet du sixième chapitre. Le septième chapitre évoque les chances et les risques associés à la grande vitesse ferroviaire, sujet de longs débats depuis la réalisation de la LN1. Les études d'impacts sont évoquées dans le huitième chapitre.

Les conclusions des experts sont reprises dans le neuvième et dernier chapitre.

Le rapport est complété par deux annexes.

2 L'ÉTUDE DITE "CLARACO": UNE FAUSSE PISTE DE RÉFLEXION

2.1 Problématique

Une étude, publiée en 2011 par le cabinet d'études Robert Claraco [12], suggère que des gains de temps comparables à la construction d'une ligne nouvelle pourraient être obtenus par un réaménagement de la ligne actuelle, ceci de surcroît grâce un investissement moindre.

La problématique générale soulevée par cette étude se traduit en termes de temps de parcours, de coûts (notamment d'investissement) et d'impacts. Ce chapitre du rapport d'expertise porte plus particulièrement sur la question des temps de parcours en relation aussi avec l'investissement nécessaire:

- Peut-on trancher entre les deux évaluations des temps, celle du maître de l'ouvrage et celle de l'étude Claraco?

2.2 L'avis des experts

En guise de conclusion globale sur ce point, l'avis des experts peut être résumé en quelques points:

- 1) l'étude dite Claraco sous-estime l'évaluation des coûts et surestime les performances d'une requalification de la ligne actuelle;
- 2) ceci ne dénote pas forcément une volonté délibérée de biaiser le débat;
- 3) une fois les biais redressés, la "solution Claraco" n'est pas fondamentalement différente, du point de vue conceptuel, du scénario RFF dite "optimisé" (ce dernier étant finalement une expression mieux travaillée et plus aboutie de l'idée véhiculée par l'étude Claraco);
- 4) par voie de conséquence, opposer Claraco aux études de RFF est un faux débat.

La question de fond revient à choisir entre une requalification de la ligne existante ou la construction, pour un gain de temps plus que doublé, d'une ligne nouvelle au prix d'un investissement plus élevé.

2.3 Les bases de la comparaison

Les scénarios du maître de l'ouvrage

Pour la requalification de la ligne existante, SNCF Réseau a étudié trois scénarios (Tableau 2):

- 1) un scénario RFF dit "priorité capacité", qui - comme son appellation l'indique - vise à répondre à des besoins futurs de capacité et qui ne produit que très subsidiairement une amélioration de la qualité de service avec un gain de temps total de 7 min; en tant que tel, ce scénario pourrait *in fine* constituer la variante d'évolution "au fil de l'eau", si rien d'autre n'est entrepris dans ce couloir;

- 2) un scénario RFF dit "optimisé" retenant un ensemble d'aménagements lourds de la ligne actuelle, y compris 2 shunts² (dont 1 supplémentaire par rapport au scénario précédent), susceptibles d'offrir une réduction substantielle de 21 min du temps de parcours;
- 3) un scénario RFF dit "priorité temps de parcours", qui est une solution extrême permettant de maximiser la réduction du temps de parcours sur la ligne actuelle, quel qu'en soit le coût d'investissement; par rapport au scénario précédent, celui-ci permet de gagner encore 6 minutes de temps de parcours, au prix d'un investissement supplémentaire de presque 900 millions; en tant que tel, ce scénario constitue une variante de référence, fixant la borne supérieure de ce qui est possible de réussir sans construction de ligne nouvelle.

	Scénario 1 <i>Priorité capacité</i>	Scénario 2 <i>Optimisé</i>	Scénario 3 <i>Priorité temps de parcours</i>	LGV Bordeaux Toulouse (GPSO)
Gain temps de parcours	7 min	21 min	27 min ³	56 min
Longueur totale de Bordeaux à Toulouse	255 km	251 km	249 km	252 km
Ligne nouvelle créée (km de double voie)	5,2 km, shunt de Langon	29,2 km, shunts de Langon et Moissac	50,2 km, shunts de Langon, Port-Sainte-Marie et Moissac	222 km
Longueur de voie ripée (km de double voie)	0	17,5 km	25 km	0
Longueur de voie au dévers modifié (km de double voie)	42 km	46 km	34 km	0
Passages à niveaux supprimés (St Médard – St Jory)	76	108	94	-
Protections acoustiques (St-Médard – St-Jory)	155 km d'écrans acoustiques et 500 isolations de façade	160 km d'écrans acoustiques et 560 isolations de façade	155 km d'écrans acoustiques et 650 isolations de façade	35 km d'écrans acoustiques et 89 isolations de façade
Habitations impactées (St-Médard – St-Jory)	90 bâtis	160 bâtis	360 bâtis	300 bâtis

Tableau 1 Les scénarios SNCF Réseau pour la requalification de la ligne existante (Source: [3]³)

Scénarii	St-Médard St-Jory	Bordeaux Toulouse	Gain de temps relatif ⁴	Gain de temps absolu	Coût par min relatif ⁴	Coût par min absolu
	Investissement [mio € ₂₀₁₁]		[min]		[€/min]	
Ne rien faire	0	0	0 min	0 min	0	0
Scénario Capacité	1'855	2'995	7 min	7 min	265	265
Scénario Optimisé	3'400	4'540	14 min	21 min	110	162
Scénario Temps parcours	4'265	5'405	6 min	27 min	144	158
LN	5'640	6'780		56 min		101

Tableau 2: Scénarios SNCF Réseau; grandeurs moyennes et marginales⁴

² Dans le contexte présent, un "shunt" peut être compris comme une portion de nouvelle ligne substituant une partie de la ligne actuelle et offrant des caractéristiques géométriques susceptibles de favoriser une amélioration substantielle de la performance des trains. Un shunt, le plus souvent, crée aussi un raccourci.

³ Avec une correction mineure apportée par Setec après publication du document.

⁴ Les grandeurs marginales (ou "relatives") d'un scénario sont comptées à partir du scénario précédent.

C'est à ces trois scénarios que doit être comparé celui que propose l'étude Claraco, sans oublier bien entendu la référence que constituent les caractéristiques du projet de base, à savoir la construction de la ligne nouvelle.

L'analyse du Tableau 2 appelle un certain nombre de remarques, résumées ci-après.

- Il existe un investissement de 1'140 millions d'euros commun à tous les scénarios et destiné à réaliser des aménagements capacitaires au Sud de Bordeaux et au Nord de Toulouse.
- L'analyse comparative faite dans le contexte de cette expertise peut se permettre de "mettre de côté" les 2 scénarios RFF extrêmes; le premier ("capacité"), avec 7 min de gain, ne modifie pas la qualité de l'offre grandes lignes et - de ce fait - ne fait que renvoyer au débat sur l'opportunité de la grande vitesse, débat hors champ de l'expertise; le dernier scénario ("temps de parcours") correspond manifestement à un surinvestissement portant le coût marginal par minute des 6 minutes gagnées à 144 millions/min, à comparer au coût marginal de 110 du scénario optimisé ou au coût moyen de 101 de la ligne nouvelle.
- Une autre façon d'appréhender cette problématique consiste à admettre que 6 minutes de gain de temps de parcours sur un trajet de type "grande ligne" sont du domaine du non ressenti (inférieurs à la variabilité du temps d'accès à la gare pour prendre son train).
- En faisant l'hypothèse de la nécessité de réaliser de toute manière la solution "capacité", le coût moyen de la minute gagnée est proche entre les 2 solutions (optimisé / LN); le débat porte donc sur 21 contre 56 min de gains de temps de parcours.

L'expertise retiendra ainsi le scénario dit optimisé à des fins de comparaison avec les propositions de l'étude Claraco.

L'étude Claraco

En vue de l'analyse du projet Claraco, tel que présenté dans le rapport [12], l'expertise a retenu sans aucune modification le "polygone des vitesses"⁵ final, qui figure en p. 125 de ce rapport. Or, le réalisme de ce polygone doit être fortement questionné, en relevant notamment:

- la traversée de la gare de Langon à 180 km/h;
- le tracé du shunt de Moissac dont la longueur du tunnel est incompatible avec la déclivité maximale souhaitée sur ce shunt;
- une vitesse maximale autorisée de 200 km/h au lieu de 160 entre St.-Jory et Toulouse-Raynal, rendant notamment problématique le ripage de la courbe de Lacourtecourt.

Pour éviter cependant toute discussion quant à une manipulation possible de l'idée véhiculée par l'étude Claraco, les experts ont retenu ce polygone des vitesses tel quel, même s'ils n'hésitent pas à questionner son réalisme sur plusieurs points.

Les temps "Claraco" calculés par l'EPFL sont donc encore trop optimistes par rapport au potentiel de ce qui est techniquement réalisable à un coût raisonnable.

Il convient de garder à l'esprit cet avertissement lors de la comparaison des temps de parcours calculés par l'EPFL.

⁵ Enveloppe "intérieure" (ou minimale) de l'ensemble des limites de vitesse applicables le long de la ligne.

2.4 Temps de parcours

Sur la base de quels temps doivent s'apprécier les gains de temps? Sur le meilleur temps ou sur le temps moyen? En outre, est-ce que ces temps ne doivent pas être allongés pour tenir compte des contraintes réelles d'exploitation (rotation du matériel, insertion dans un horaire, etc.)?

Ces questions, formulées lors des enquêtes, sont en fait moins importantes qu'il ne paraît de prime abord. Premièrement, rien n'oblige de limiter les comparaisons sur une seule valeur unique agrégée du temps de parcours, fût-ce celle moyenne ou minimale. L'expertise retient la comparaison de 2 cas que les experts estiment les plus significatifs: celui d'un trajet direct Bordeaux - Toulouse et celui d'un trajet avec 2 arrêts intermédiaires, à Agen et à Montauban. Ceci permet d'évacuer du débat la première question.

Pour ce qui concerne la seconde question, il convient de se rappeler que les gains de temps résultent de la différence d'un temps de parcours de référence par rapport à un temps de parcours associé à un projet d'amélioration. Que cette différence s'établisse à partir des temps de marche tendue⁶ ou des temps comprenant des marges de régularité, le résultat diffère peu, voire pas du tout. C'est l'uniformité de comparaison qui est essentielle: mêmes hypothèses de calcul, même type de temps à comparer (soit ils incluent tous des marges de régularité, établies selon les mêmes principes, soit ils ne les incluent pas).

L'expertise a opté pour une comparaison de temps de parcours correspondant à des "temps système": le temps de parcours est calculé en marche tendue; à ce temps est ajoutée une marge de dite régularité⁷ de 4½ minutes par 100 km parcourus en ligne classique, de 5% du temps de parcours en ligne à grande vitesse. Ce sont ces temps qui sont utilisés pour la construction de l'horaire (le tracé des sillons).

L'expertise, pour la clarté du débat, a par contre renoncé à introduire les 3 à 4 minutes de "marges d'exploitation" dans l'ensemble des comparaisons des temps de parcours. Près de grandes gares, où le nombre de conflits potentiels est très élevé (successions ou cisaillements d'itinéraires ou occupation de la même voie à quai), une marge dite d'exploitation est ajoutée pour palier à la rareté de l'infrastructure et à la mauvaise maîtrise de l'horaire. Cette rareté ne peut être évaluée sans l'établissement d'un graphique d'occupation des voies (GOV). Dans certains cas, la marge d'exploitation est également utile lorsque la rotation du matériel roulant peut entraîner de longs stationnements en gare; si la rareté des voies à quai est élevée, il est alors possible qu'un sillon soit ralenti pour que l'occupation d'une voie à quai soit réduite. Cette pratique se fait quasiment toujours au détriment de la qualité de service. Dans le cas de Bordeaux - Toulouse, le ralentissement d'un sillon pour cause d'occupation trop longue en gare n'a jamais été envisagé. Ce sont les raisons qui ont conduit les experts à renoncer à tenir

⁶ La marche tendue correspond aux temps de parcours théoriques minimaux que pourrait réaliser un convoi isolé doté d'un matériel aux caractéristiques strictement conformes à des valeurs nominales (poids, caractéristiques de traction, alimentation de la ligne, diamètre des roues, etc.) et avec une conduite automatique (pas de temps de réaction, accélération immédiate la plus forte possible, maintien strict de la limite de vitesse exacte en tous points tant que c'est possible, freinage le plus tardif et le plus fort autorisé).

⁷ En réalité, 2½ minutes de cette marge sont destinées à permettre de faire face aux ralentissements dus à des travaux de maintenance et 2 min pour des aléas de circulation. Les experts ont maintes fois critiqué la pertinence de ce principe de définition des marges de régularité. Ce débat est toutefois sans signification par rapport aux objets de la présente expertise.

compte de la marge d'exploitation dans les comparaisons, sans que cela ne signifie qu'il faudrait forcément y renoncer lors de la conception de l'horaire de service.

2.5 Les calculs des experts

À des fins de vérification, l'ensemble des temps de parcours⁸ ont été recalculés dans le cadre de l'expertise. Les experts ont eu recours à RAILNET, outil de calcul détaillé, développé par l'EPFL-LITEP. Certains résultats ont été comparés à ceux faits par Setec dans le cadre du GPSO et à ceux produits par le modèle THOR, utilisé par la SNCF pour l'élaboration des horaires depuis des décennies. Avec des différences inférieures à 0,5%, ces comparaisons ont permis de confirmer la précision des résultats que livre RAILNET.

Ces calculs permettent de garantir le fait de disposer des résultats produits par un outil commun et des hypothèses communes, notamment quant aux:

- contraintes qu'impose la géométrie de la voie à l'exploitation (limites de vitesse, p. ex.);
- performances du matériel roulant (et, plus particulièrement, mise en vitesse en fonction des déclivités de la ligne et insuffisances de traction, lorsque c'est le cas);
- détentes (marges de régularité), qui permettent à partir des temps de la marche tendue d'obtenir les temps "système" introduits dans l'horaire.

Les résultats globaux sont résumés dans les figures et tableaux ci-après; des éléments complémentaires se trouvent dans l'Annexe 2.

L'analyse des temps calculés pour le projet Claraco (Figure 1) sur la base du polygone des vitesses final⁹ montre une sous-estimation significative des temps de parcours qui figurent dans le rapport [12]. Les valeurs de temps de parcours contenues dans ce rapport ignorent le temps nécessaire pour que la vitesse maximale puisse être atteinte, compte tenu de la géométrie de la ligne (Figure 2) et des caractéristiques de traction; elles surestiment aussi - dans une moindre mesure - les performances en freinage. Par ailleurs:

- le temps de parcours du tronçon Montauban - Toulouse (Figure 1) semble être obtenu par transposition d'une marche d'essai de matériel pendulaire, ce qui le rend doublement irréaliste (pas de marge, matériel différent que celui de référence¹⁰); en fait, Claraco se base sur une marche d'essai pour déterminer un gain de 10 min (cf. polygone des vitesses pp. 105 et 107 dans [12]), puis conserve ce gain de temps même après avoir adapté le polygone vers le bas (cf. p. 125 dans [12]);
- le tableau synthétique présenté dans [12] omet de comptabiliser les 3 minutes de stationnement à Montauban;

⁸ À l'exception - pour des raisons qui tiennent au délai de l'expertise - de ceux relatifs à la ligne nouvelle, non contestés, et qui n'ont été vérifiés que grossièrement. Cette vérification a confirmé qu'il n'était pas besoin de procéder à un re-calcul détaillé.

⁹ À titre de rappel: le polygone retenu est celui que le rapport Claraco [12] présente en p. 125 et dont les experts remettent fortement en doute le réalisme, ainsi que déjà mentionné.

¹⁰ À ce stade de l'analyse, on peut écarter la question du matériel pendulaire, reprise plus tard dans ce rapport (cf. chapitre 3); par ailleurs, son adoption éventuelle ne favoriserait pas plus un scénario Claraco qu'un scénario "optimisé".

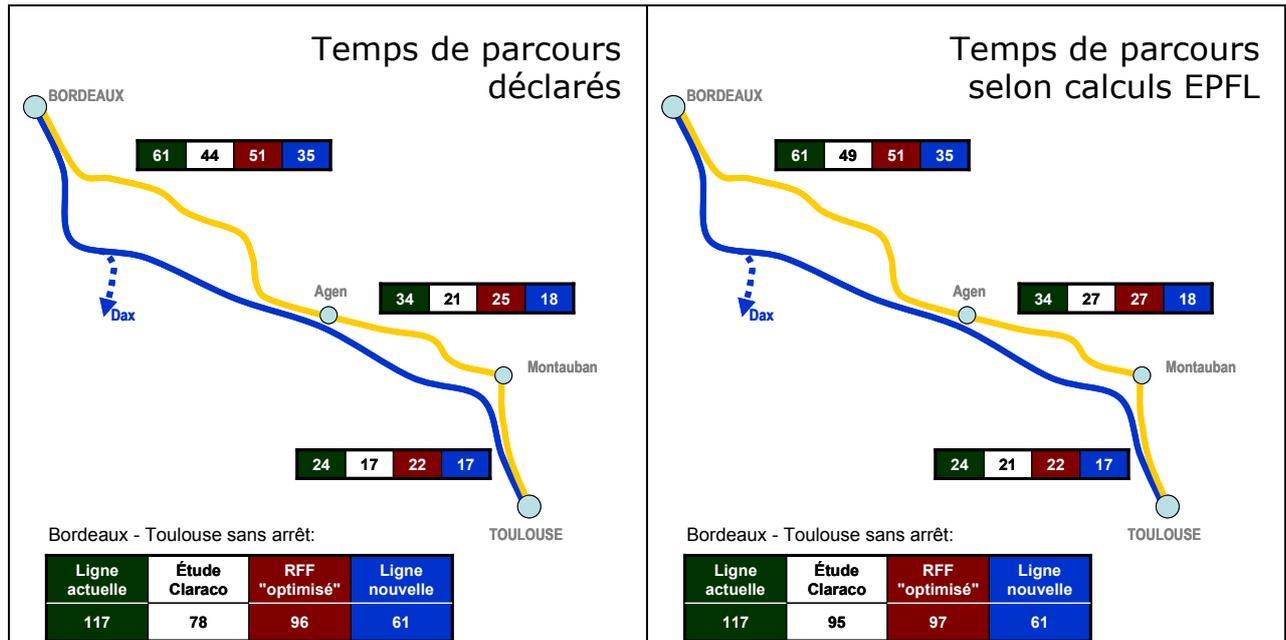


Figure 1: Temps de parcours selon différentes sources
Valeurs arrondies à la minute supérieure, avec marges de régularité (sauf Claraco déclarés), mais sans marges dites commerciales

Il convient de rappeler ici que le polygone des vitesses proposé par Claraco pêche par excès d'optimisme quant à la capacité de corriger par ripage plusieurs courbes le long du parcours. **L'EPFL n'a pas corrigé ces excès dans le polygone**; ce faire aurait exigé une étude très détaillée d'aménagement, afin de garantir la faisabilité des réaménagements nécessaires; cet effort a été jugé inutile, SNCF Réseau l'ayant déjà consacré dans le cadre de l'étude de ses propres scénarios.

Il devient alors nécessaire de rappeler que les temps de parcours que l'EPFL a calculés pour la proposition Claraco constituent une estimation trop optimiste pour que l'on puisse les qualifier de réalisables.

Les experts, en analysant l'ensemble des résultats (Tableau 3 et Figure 4), constatent:

- 1) une bonne concordance entre leurs calculs de vérification et les temps de parcours annoncés par SNCF Réseau pour le scénario "Optimisé"; les quelques 1 à 2 minutes de différence sont dues essentiellement à des arrondis et ne sont pas significatives;
- 2) des écarts significatifs entre les performances que déclare l'étude Claraco et celles que l'on peut atteindre même en étant particulièrement optimiste;
- 3) estiment les performances déclarées par l'étude Claraco clairement irréalistes; en effet, selon Claraco, le trajet entre Bordeaux et Toulouse avec 2 arrêts intermédiaires pourrait se faire en 88 minutes; or, en enlevant toute contrainte sur la ligne (comme si la vitesse de 220 km/h aurait pu être atteinte en tous points) et en marche tendue (sans aucune marge de régularité), ce trajet sur ce même parcours ne pourrait se faire qu'en 86 minutes au mieux.

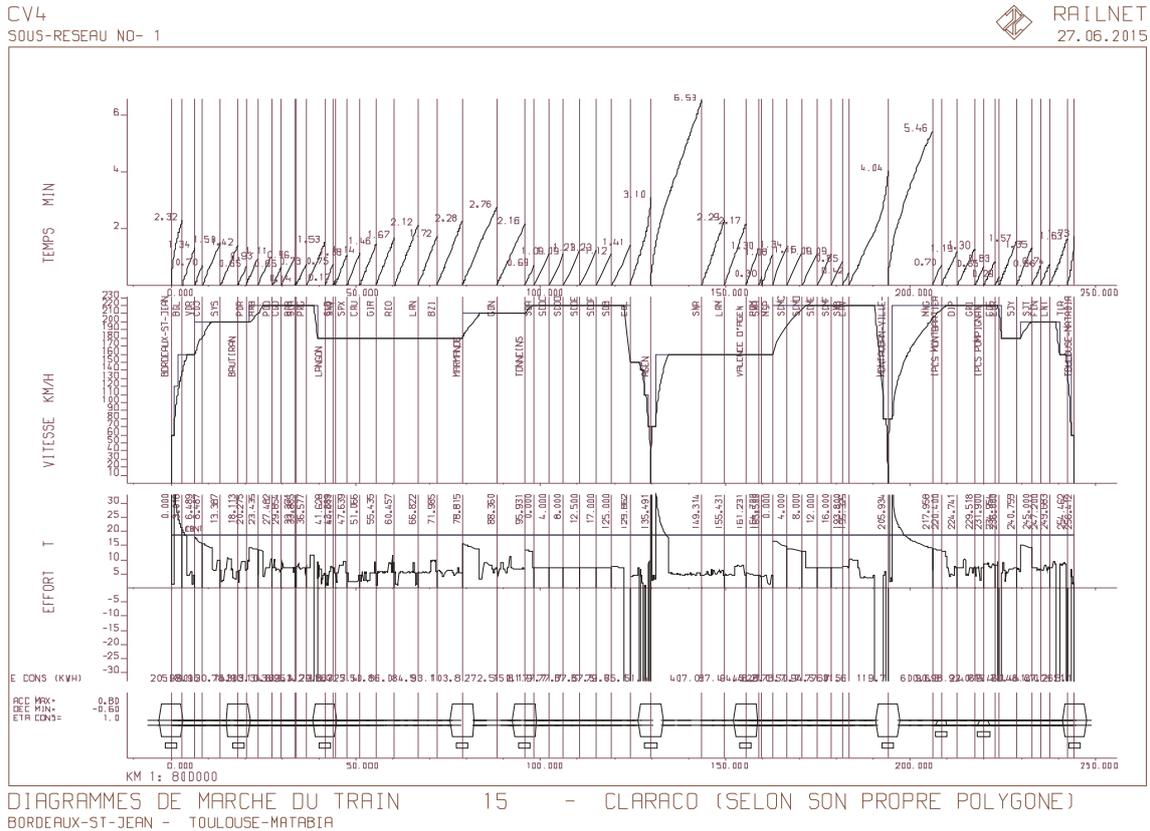


Figure 2: Diagramme de marche d'un train sur une ligne réaménagée selon Claraco

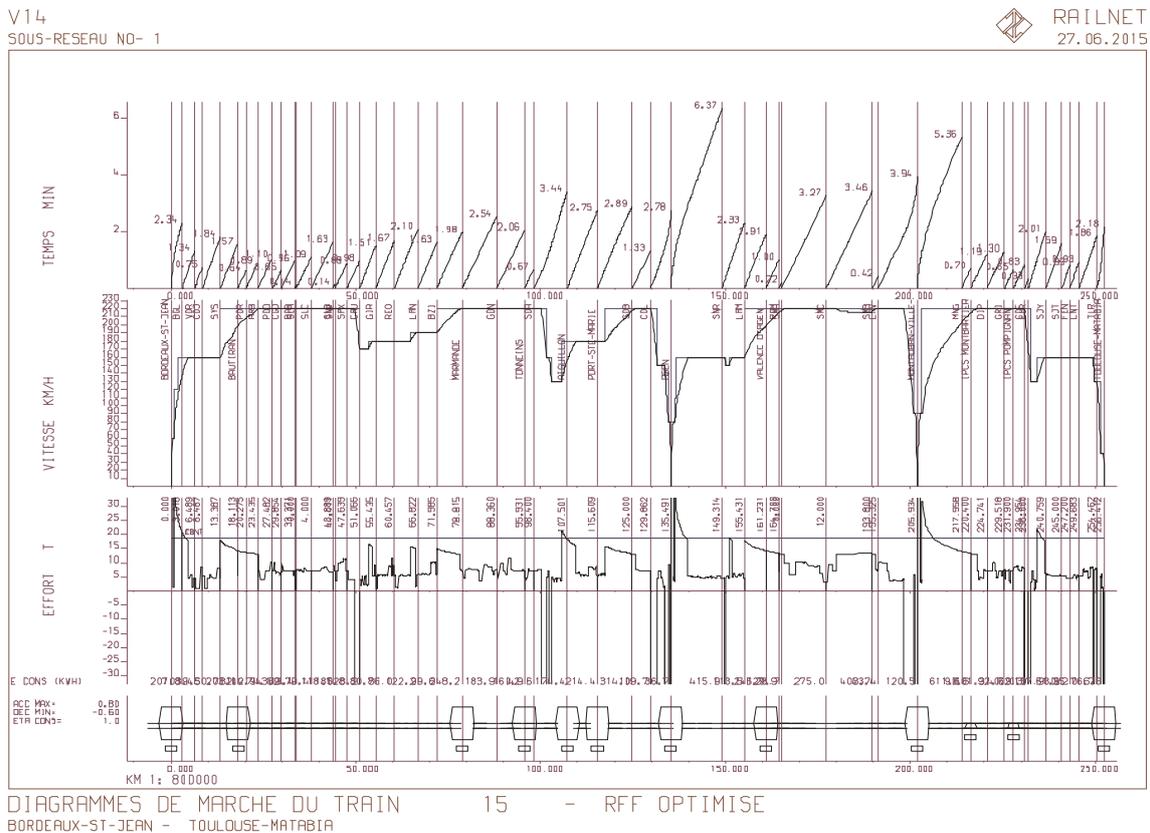
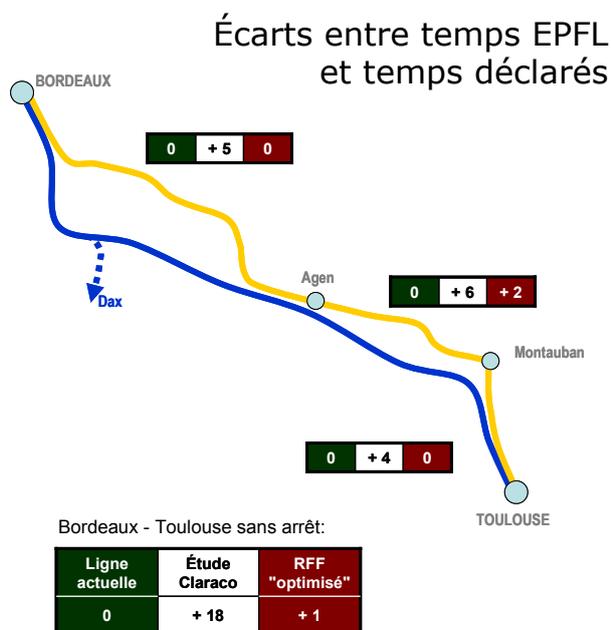


Figure 3: Diagramme de marche d'un train sur une ligne réaménagée selon scénario RFF "Optimisé"

	BRDX-AGEN	AGEN-MONT	MONT-TLSE	Total (2arrêts)
Longueur	135.491 km	70.443 km	50.478 km	
Marge de régularité	00:06:06	00:03:10	00:02:16	
Claraco - Aller	00:42:15	00:23:41	00:18:06	
Claraco - Retour	00:42:10	00:23:53	00:17:38	
<i>Moyenne en marche tendue</i>	00:42:12	00:23:47	00:17:52	01:29:52
<i>Avec marge de régularité</i>	00:48:18	00:26:57	00:20:08	01:41:24
RFF optimisé - Aller	00:44:18	00:22:55	00:19:46	
RFF optimisé - Retour	00:44:22	00:23:05	00:19:30	
<i>Moyenne en marche tendue</i>	00:44:20	00:23:00	00:19:38	01:32:58
<i>Avec marge de régularité</i>	00:50:26	00:26:10	00:21:54	01:44:30
Différence RFF optimisé - Claraco	00:02:08	-00:00:47	00:01:46	00:03:07

Marge de régularité calculée sur le kilométrage de la ligne actuelle

Tableau 3: Temps de parcours en marche tendue et avec une marge de régularité, calculés par l'EPFL pour le scénario Claraco et le scénario RFF Optimisé et un train s'arrêtant à Agen et Montauban



En prenant en compte pour l'étude Claraco les temps de parcours redressés des biais les plus flagrants, on constate une différence de l'ordre de 2 à 3 minutes¹¹ avec le scénario RFF-"Optimisé". Or, comme déjà indiqué, les temps redressés sont encore trop optimistes par rapport à ceux qui pourraient être réalisés grâce un réaménagement dont la faisabilité serait complètement garantie.

Les experts concluent qu'en termes de performance / qualité de service, il n'y a pas de différence entre le scénario proposé par l'étude Claraco et le scénario "Optimisé" étudié par le maître de l'ouvrage.

Figure 4: Bilan des écarts

2.6 Coûts d'investissement

Si en termes de performances la proposition Claraco et le scénario "Optimisé" sont équivalents, il convient de se poser la question des coûts d'investissement¹². Le maître de l'ouvrage indique ces coûts et leur décomposition pour les scénarios qu'il a étudiés en comparaison avec ceux de la ligne nouvelle (Tableau 4).

¹¹ En fonction des arrondis, un temps horaire entre 2 gares étant arrondi à la minute supérieure.

¹² L'équivalence des performances assurant, en première approche, une équivalence analogue des frais annuels d'exploitation hors amortissements.

Coûts d'investissement en M€ CE juin 2011	Scénario 1 Priorité capacité	Scénario 2 Optimisé	Scénario 3 Priorité temps de parcours	LGV Bordeaux Toulouse (GPSO)
Foncier	80 M€	245 M€	395 M€	475 M€
Génie civil	1 300 M€	2 320 M€	2 800 M€	3 370 M€
Équipements ferroviaires	240 M€	400 M€	530 M€	1 195 M€
Études	235 M€	435 M€	540 M€	600 M€
Coût global de St-Médard à St-Jory	1 855 M€	3 400 M€	4 265 M€	5 640 M€
<i>dont suppression de passages à niveau</i>	<i>300 M€</i>	<i>415 M€</i>	<i>365 M€</i>	
<i>dont mise à 3, 4 voies ou shunts</i>	<i>1 110 M€</i>	<i>2 385 M€</i>	<i>3 485 M€</i>	
Aménagements Nord Toulouse et Sud Bordeaux	1 140 M€	1 140 M€	1 140 M€	1 140 M€
Coût arrondi périmètre Bordeaux - Toulouse	3 000 M€	4 540 M€	5 400 M€	6 780 M€

Tableau 4: Coût des scénarios et sa décomposition, selon SNCF Réseau
Source: [3]

On constate un investissement de 1'140 millions, commun à tous les scénarios et au GPSO. Il serait malvenu de procéder à une comparaison avec l'étude Claraco en faisant l'hypothèse que, par magie, les besoins de capacité au Sud de Bordeaux ou au Nord de Toulouse disparaîtraient si le scénario Claraco était adopté au lieu du scénario "Optimisé".

L'étude Claraco [12] devise à 2'725 millions l'effort d'investissement nécessaire pour réaliser le réaménagement qu'elle propose. Ce montant, ramené à des euros 2011¹³, pour rendre la comparaison possible, est de 2'965 millions.

Le maître de l'ouvrage a rédigé une note d'analyse consacrée à l'étude Claraco [3.3.2]. Tout en reconnaissant le caractère injuste de la situation, compte tenu de l'écart substantiel de compétences et des moyens entre les deux parties, les experts - après analyse approfondie et comparaisons avec des valeurs analogues de sources diverses - épousent en grande partie les commentaires critiques de ce document, tant en ce qui concerne les arguments techniques que ceux qui ont trait au chiffrage du coût de plusieurs objets.

Les experts expriment également des doutes, notamment

- quant aux options techniques liées au shunt de Moissac et qui conduisent à un tunnel de longueur manifestement sous-estimée;
- quant au raisonnement qui consiste à dire qu'un ripage des voies n'a pas de conséquences sur les emprises¹⁴;
- associés aussi à une sérieuse crainte quant aux ripages de voie, non seulement en termes d'évaluation des coûts, mais surtout de surcoûts, voire de faisabilité technique, de ces opérations sur une ligne sous exploitation.

¹³ Un facteur multiplicatif de 1.0882 a été utilisé pour transformer les valeurs de EUR₂₀₀₉ à EUR₂₀₁₁.

¹⁴ Même si l'emprise ne changeait pas, le fait de riper la voie peut induire des coûts fonciers. De surcroît, dans le cas présent, le relèvement de la vitesse conduit à augmenter l'entraxe des voies.

Le Tableau 5 résume les éléments de comparaison.

Scénarii	St-Médard - St-Jory	Bordeaux - Toulouse
	Investissement [mio € ₂₀₁₁]	
Scénario Optimisé	3'400	4'540
Claraco selon Claraco [12]	2'965	?
Claraco "normalisé" par RFF [3.3.2]	3'140	4'280
Ligne nouvelle	5'640	6'780

Tableau 5: Les scénarios discutés par l'expertise

Il s'agit en fin de compte d'une différence de l'ordre de 450 (selon Claraco) à 350 millions (selon le maître de l'ouvrage) sur une enveloppe de plus de 4 milliards, soit moins de 10%. À ce niveau d'études, cette différence ne serait pas significative, même si les études étaient d'un niveau de détail comparable. Or, elles ne le sont pas. Il convient ainsi d'attacher un degré d'incertitude bien plus élevé à l'estimation liée à l'étude la moins détaillée.

Les experts sont d'avis qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux scénarios, Claraco (redressé de ses excès) et optimisé, pour ce qui concerne les coûts d'investissement.

2.7 Des biais inévitables

Il n'est pas inutile ici d'ouvrir ici une courte parenthèse sur des biais systématiques qu'introduit dans nos études et évaluations la psychosociologie de nos systèmes décisionnels. Par de très nombreuses publications (dont notamment [21], [23], [24], [25], [26] et [27], cosignées par des experts de renommée mondiale), Bent Flyvbjerg, un chercheur danois, a apporté la preuve de biais systématiques dans l'évaluation des coûts des grands projets d'infrastructure tout comme dans les prévisions de la demande¹⁵. Ces biais n'émanent pas le plus souvent d'une volonté de manipulation, ni de l'intention de forcer la décision dans un sens voulu, mais de la nature et de la position des acteurs combinée à nos limitations quant à la capacité de prévoir. Ce que nos études considèrent la prévision "la plus probable" se situe souvent dans une distribution statistique non symétrique. Ainsi, après réalisation d'une infrastructure, un dépassement des coûts par rapport à l'estimation devient plus probable que l'inverse. Bref, tout en étant de bonne foi, nous avons plus de chances de "nous tromper dans le mauvais sens": les chances d'avoir de bonnes surprises en cours de réalisation sont plus faibles que celles des mauvaises surprises.

Ce biais est fortement lié au niveau de détail, la "profondeur" des études. Plus une étude est macroscopique, plus élevé est le risque de sous-estimation des coûts et de surestimation des bénéfices. Ceci appelle à une prudence particulière lorsqu'il s'agit de comparer des études de niveau de détail différent. C'est bien le cas dans cette affaire, entre les études menées par SNCF Réseau et l'étude Claraco.

¹⁵ Une bibliographie très complète peut être trouvée dans [28].

2.8 Épilogue: la vraie question de fond

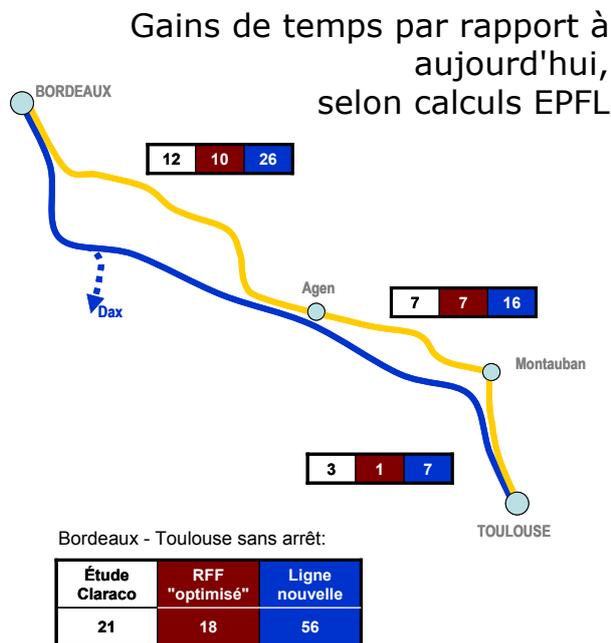


Figure 5: Estimation des gains de temps

Les conclusions des experts peuvent être résumées en 3 thèses.

Thèse 1:

L'étude dite Claraco, une fois corrigée de ses excès d'optimisme, correspond pour l'essentiel aux caractéristiques du scénario dit optimisé qu'a étudié RFF en son temps. Ceci est vrai tant pour les coûts que pour les performances (qualité de service).

Thèse 2:

De ce fait, le projet le plus fiable actuellement d'une requalification de la ligne actuelle est celui qui correspond au scénario "Optimisé". Indirectement, ce scénario complète aussi en la corrigeant l'étude Claraco (ou, plutôt, le concept qui y a mené), grâce à des réflexions plus élaborées et des études plus approfondies et plus professionnelles.

Thèse 3:

Ceci éclaire le débat d'une lumière toute neuve. La question n'est pas de savoir s'il convient d'opter pour les conclusions Claraco ou celles du maître de l'ouvrage, mais de se prononcer entre deux améliorations de la liaison Bordeaux - Toulouse:

- la construction d'une ligne nouvelle, qui offre un saut qualitatif considérable en termes de qualité de service, et ceci pour tous les usagers, ceux du quotidien compris, mais au prix d'un investissement conséquent et un accroissement modeste des coûts d'exploitation;
- la requalification de la ligne actuelle, offrant certes une amélioration plus modeste de la qualité de service, mais pour un investissement moindre.

C'est un choix éminemment politique et les experts déborderaient abusivement de leur rôle s'ils tentaient de proposer l'un ou l'autre parmi ces deux choix.

3 UN TRAIN PENDULAIRE SUR LA LIGNE ACTUELLE?

3.1 Problématique

Grâce à une série d'initiatives auxquelles se réfère également l'étude Claraco [12], l'opportunité d'engagement d'un matériel à inclinaison de caisse (train pendulaire)¹⁶ a fait partie des discussions qui ont eu lieu avant et pendant l'enquête. Par sa capacité de parcourir les courbes à vitesse plus élevée qu'un matériel classique, le matériel pendulaire est susceptible d'offrir des gains de temps. Dans le contexte du GPSO et - plus particulièrement - de la liaison Bordeaux - Toulouse, la question peut alors être formulée comme suit:

- Que resterait-il des gains de temps de la ligne nouvelle si, sur la ligne actuelle requalifiée, on engageait des rames à inclinaison de caisse (trains pendulaires)?

3.2 L'avis des experts

En accord également avec la Commission d'enquête ([2], p. 199), les experts estiment que l'introduction du matériel à inclinaison de caisse n'est pas une option pertinente dans le cas de la liaison Bordeaux - Toulouse. En effet, les quelques gains de temps qu'elle serait peut-être susceptible d'offrir - au prix d'une complication très importante de l'exploitation - seraient en très grande partie, voire complètement, annulés par le temps de correspondance qu'elle imposerait à Bordeaux pour une partie des voyageurs.

3.3 Des inconvénients sans contrepartie

Le principe et ses limites

Le matériel doté d'une capacité d'inclinaison de la caisse vers l'intérieur des courbes est capable de parcourir une courbe donnée à vitesse plus élevée que le matériel classique. En effet, parcourir une courbe impose une limite de vitesse tant pour des raisons de sécurité (risques de déraillement, de chavirement ou de ripage des voies¹⁷), pour des raisons d'usure de la voie ou pour des raisons de confort. Dans une exploitation classique, sans trains pendulaires, de toutes les raisons qui imposent une limite de vitesse, c'est celle du respect du confort minimal qui est déterminante (c'est elle qui introduit la limite de vitesse la plus basse, longtemps avant que la sécurité ne soit remise en question)¹⁸.

Le respect du confort minimal pour le voyageur est assuré par une limite supérieure de l'accélération latérale non compensée, qui détermine le solde de l'effet de la force centrifuge perçue par le voyageur, une fois déduite la partie absorbée par le dévers (l'inclinaison transversale) de la voie. En permettant à la caisse de s'incliner vers l'intérieur de la courbe, le matériel pendulaire réduit l'accélération latérale non compensée que ressent le voyageur. Ainsi, pour une même valeur limite de cette accélération, la courbe peut être parcourue plus rapidement.

¹⁶ Le lecteur intéressé par le principe trouvera une présentation assez complète dans [37] ou [38].

¹⁷ Le ripage de la voie, dans le présent contexte, correspond au risque de glissement latéral de l'ensemble voies, traverses et une partie du ballast sous l'effet d'une force centrifuge excessive.

¹⁸ Il y a donc une réserve entre la vitesse, plus basse, que fixe la limite du confort et celle, plus élevée, qui permettrait encore de garantir la sécurité avec une marge suffisante. L'inclinaison de la caisse du véhicule vise justement à permettre d'exploiter ce potentiel.

Les possibilités d'inclinaison de la caisse sont limitées par des contraintes mécaniques (y compris la réactivité du mécanisme), par le gabarit et par la nécessité de ne pas dépasser un seuil acceptable d'usure des voies. Elles sont également limitées par des considérations de sécurité (risque de ripage de la voie) car, aux vitesses plus élevées que peut autoriser l'inclinaison de la caisse, la marge de sécurité par rapport au ripage n'est plus forcément garantie.

Par voie de conséquence et en première approche (sous réserve d'une protection suffisante contre le risque de ripage de la voie), les gains offerts par le matériel pendulaire sont circonscrits par la différence entre la valeur maximale autorisée de l'accélération latérale non compensée et la limite d'inclinaison de la caisse. Cette dernière étant plus ou moins fixe, c'est la première qui devient déterminante dans le phénomène. Plus dans un réseau l'accélération latérale non compensée maximale autorisée est faible, plus les gains offerts par un matériel pendulaire sont importants.

Or, par rapport à d'autres pays (la Suisse, par exemple), la valeur maximale de l'accélération latérale non compensée est relativement élevée en France. Ceci réduit, *ceteris paribus*, l'intérêt d'un matériel pendulaire. De même, moins une ligne est sinueuse, moindre devient le potentiel de gains offerts par un matériel pendulaire.

Hypothèses de calcul

Les calculs dans le contexte de l'expertise sont basés sur deux hypothèses de matériel roulant:

- 1) une rame de type ETR 460, à laquelle se réfère aussi l'étude Claraco;
- 2) une rame hypothétique de type TGV Duplex dotée d'une capacité d'inclinaison de la caisse de $4\frac{1}{2}^\circ$.

Hypothèse	extrême ETR 460	prudente TGV-D-P
Puissance sous 1,5 kV=	5.88 kW (comme sous 3 kV) (optimiste!)	3.68 kW
Vitesse maximale	250 km/h	300 km/h
Inclinaison de la caisse	8°	4°30'
Inconfort des voyageurs (accélération latérale non compensée) ¹⁹	1.05 m/s ²	0.93 m/s ²
soit une insuffisance de dévers ressentie de ¹⁹	160 mm	142 mm
Insuffisance de dévers compensée pour les voyageurs grâce à l'inclinaison de la caisse	209 mm	118 mm
Insuffisance de dévers totale (par rapport au plan de la voie / plan de roulement)	369 mm	260 mm
Risque de ripage de la voie ²⁰	très élevé	maîtrisable
Vitesse max en courbe sous dévers max	$6.7\sqrt{R}$	$6.0\sqrt{R}$

Tableau 6: Hypothèses pour les calculs de marche des trains pendulaires

¹⁹ À titre de comparaison, ces valeurs en Suisse sont de 0.80 m/s² et 122 mm, respectivement.

²⁰ Lorsqu'on roule à 220 km/h, la limite de ripage correspond, selon la formule empirique **ancienne** de Prud'Homme, à une insuffisance de dévers de 264 mm. Or, 8 degrés d'inclinaison de caisse associés à une accélération latérale non compensée de 1,05 m/s² équivalent à 209 + 161 = 370 mm d'insuffisance de dévers !!!

La première de ces hypothèses peut être considérée comme extrême, conduisant à une valeur déraisonnablement élevée des gains de temps. Deux éléments rendent surtout cette hypothèse extrême: le degré d'inclinaison de la caisse²¹ et l'insuffisance totale de dévers qui rend réel le risque de ripage de la voie. Pour mieux cerner le domaine du réalisable, l'EPFL a formulé une seconde hypothèse de matériel roulant (Tableau 6), délibérément plus prudente, celle d'un TGV Duplex à caisse inclinable à 4½°, combiné à une accélération latérale non compensée un peu réduite, ce qui pose la sollicitation de la voie à un niveau encore raisonnable par rapport au risque de ripage et conforme à ce qui semble être acceptable en France [19].

Ne disposant pas d'une information complète quant aux dévers le long de la ligne, l'EPFL a pris pour hypothèse que la totalité des courbes critiques de la ligne seraient dotées du dévers maximal. Il s'agit d'une hypothèse très optimiste, qui conduit également à surestimer le potentiel des gains offerts par du matériel pendulaire.

Une dernière hypothèse (optimiste aussi) adoptée pour les calculs de l'EPFL porte sur la construction du polygone des vitesses, qui n'a pas cherché à minimiser les changements fréquents des limites de vitesse par un lissage vers le bas²².

Résultats des calculs et leur analyse

Afin d'évaluer le potentiel des gains d'un matériel pendulaire, l'EPFL a calculé des marches sur la ligne actuelle Bordeaux - Toulouse (Figure 6 et Figure 7), sur la base des deux hypothèses précitées. Si l'on tient compte de la sous-estimation des temps de parcours attribuable à l'optimisme des hypothèses admises, on constate que les temps de parcours calculés correspondent globalement à ceux du scénario "Optimisé" du maître de l'ouvrage (Tableau 7).

Hypothèse de pendulation extrême

	Bordeaux - Toulouse avec 2 arrêts			Bordeaux - Toulouse sans arrêt		
	Pendulaire	"Optimisé"	GPSO (LN)	Pendulaire	"Optimisé"	GPSO (LN)
Temps parcours	01h42	01h46	01h16	01h34	01h37	01h01
Gains de temps	23 min	19 min	49 min	23 min	20 min	56 min

Hypothèse de pendulation raisonnablement optimiste

	Bordeaux - Toulouse avec 2 arrêts			Bordeaux - Toulouse sans arrêt		
	Pendulaire	"Optimisé"	GPSO (LN)	Pendulaire	"Optimisé"	GPSO (LN)
Temps parcours	01h48	01h46	01h16	01h39	01h37	01h01
Gains de temps	17 min	19 min	49 min	18 min	20 min	56 min

Tableau 7: Gains de temps de parcours par rapport au service annuel actuel, selon les calculs de l'EPFL

(valeurs arrondies à la minute supérieure, avec marge de régularité mais sans marge d'exploitation)

²¹ À titre de comparaison, le prototype de TGV pendulaire testé par la SNCF à la fin du siècle dernier était doté d'une inclinaison de 6°30'.

²² Adoptant en cela une pratique agressive, plus proche de ce qui se fait en Suisse par rapport aux pratiques françaises.

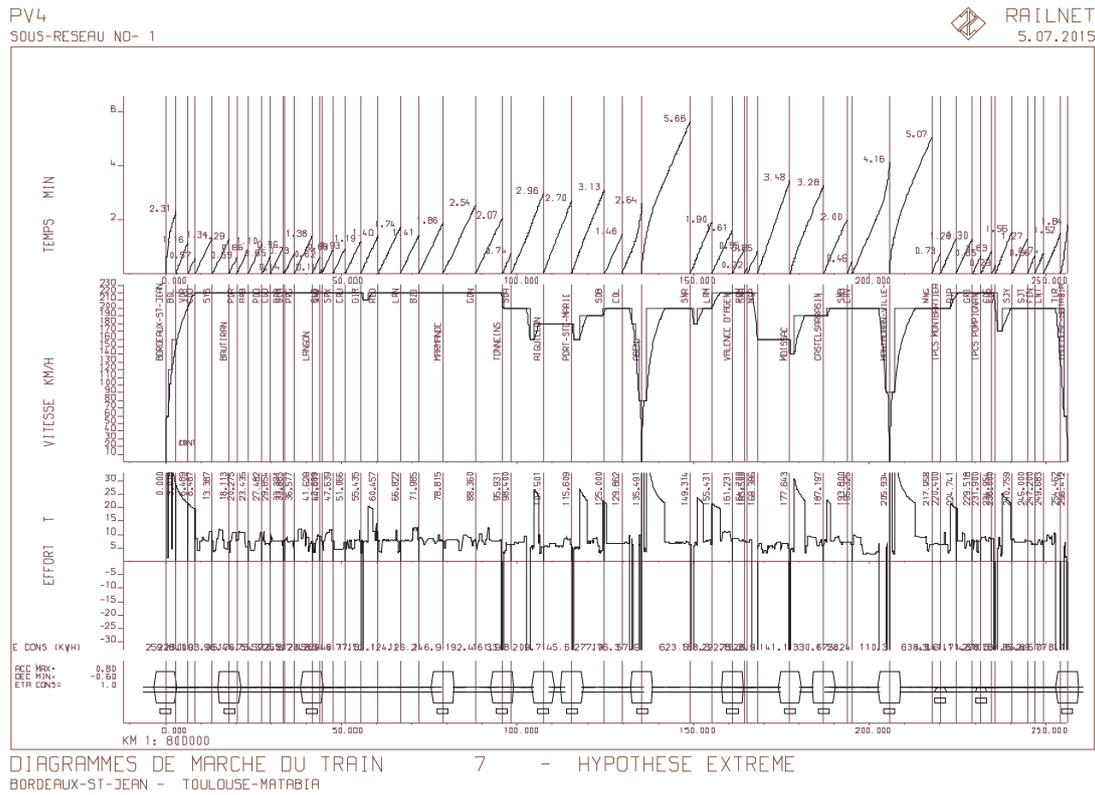


Figure 6: Calcul de la marche d'un matériel pendulaire (hypothèse extrême) sur la ligne existante Bordeaux - Toulouse, avec toutes les courbes à leur dévers maximal

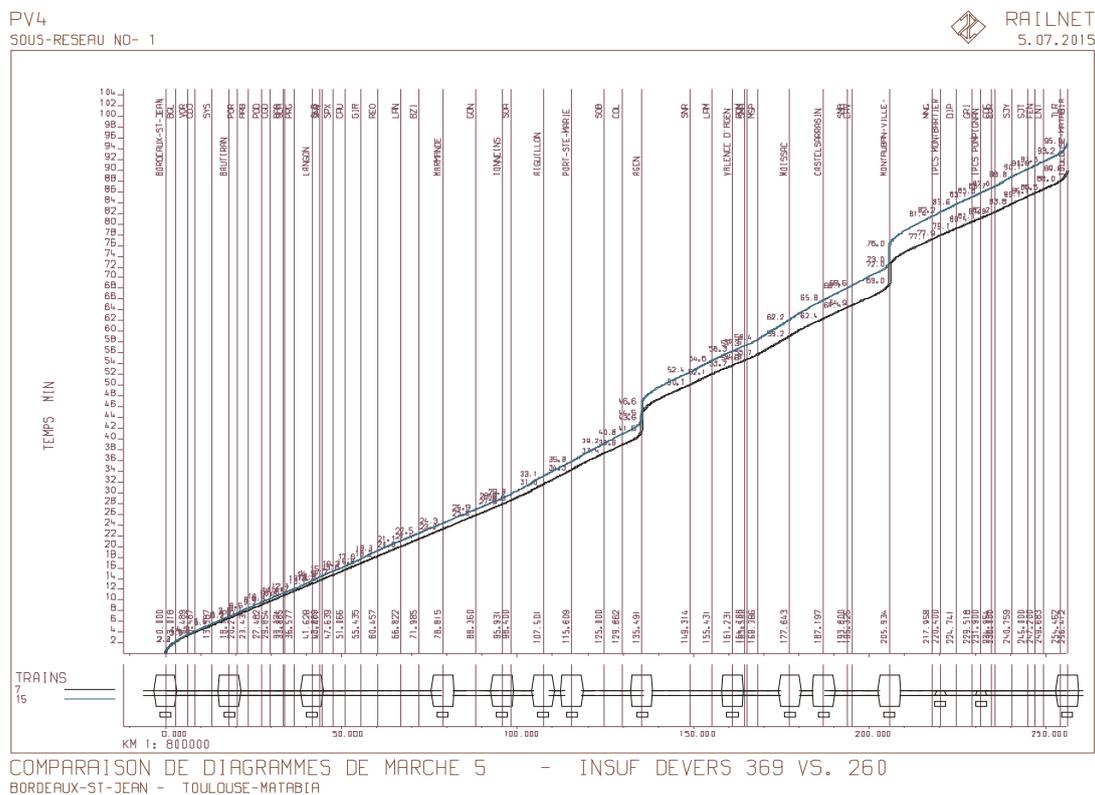


Figure 7: Comparaison des marches en matériel pendulaire selon deux hypothèses: insuffisance totale de dévers de 361 mm ou de 260 mm

Or, pour les voyageurs devant transborder à Bordeaux, il faudrait compter avec une correspondance de 10 à 15 minutes dans cette gare; pour ces voyageurs, les gains de temps se réduiraient ainsi théoriquement à moins de 10 minutes²³ (différence dérisoire selon les experts pour un voyage entre Toulouse et Paris) et probablement à néant si l'on fait un calcul avec des hypothèses plus proches de la réalité du terrain. RFF qui en son temps avait fait des calculs analogues avec, probablement, des hypothèses moins optimistes n'avait en effet obtenu que 12 minutes de gain de temps en tout et pour tout (cf. dossier du maître d'ouvrage de 2005, [15], p. 39).

Il convient de noter que sur un tracé aménagé, par exemple selon le scénario RFF "Optimisé", l'apport en gains de temps du matériel pendulaire est bien plus faible²⁴, la requalification de la ligne consistant à rectifier le tracé afin qu'une très grande partie des courbes puisse être parcourue à vitesse maximale par du matériel classique.

Investissements, coûts d'exploitation et complications

Reste alors ouverte la question de l'investissement. Contrairement à ce qui est parfois affirmé, l'adoption de trains pendulaires demanderait, au-delà de l'investissement en matériel roulant, de l'investissement en infrastructure, au moins:

- pour la suppression des passages à niveau, si la vitesse est relevée à 220 km/h;
- pour la rectification des courbes, afin de porter leurs dévers à la valeur maximale, lorsque ce n'est pas le cas; ces travaux, moins importants qu'une augmentation de rayon, exigent tout de même des interventions lourdes de correction de tracé sous exploitation;
- pour la modification de l'entraxe des voies, afin de l'adapter au relèvement de la vitesse; ici aussi, il s'agit d'interventions lourdes de modification de l'infrastructure sous exploitation;
- pour l'adaptation de la signalisation;
- éventuellement pour l'extension de capacité de la gare de Bordeaux, si la capacité du GOV ne permet pas le remplacement d'une circulation traversante par deux circulations en terminus avec transbordement.

À ces coûts s'ajoute également une augmentation des coûts d'exploitation:

- coûts directs pour le transporteur, avec un matériel plus coûteux à l'acquisition et à la maintenance;
- coûts indirects pour le transporteur, qui ajoute encore un autre type de matériel à sa flotte (gestion des compétences et installations pour l'entretien, coût d'absence de synergie);
- coûts de maintenance de la voie pour le gestionnaire d'infrastructure.

Sans une étude détaillée, il n'est possible d'avancer un ordre de grandeur ni pour les investissements nécessaires, ni pour le surplus en coûts d'exploitation.

Les experts sont d'avis que, dans le cas d'espèce et compte tenu du faible gain en temps de parcours, une analyse socio-économique serait probablement défavorable à l'option d'introduction des trains à inclinaison de caisse.

²³ 2 à 13 minutes mathématiquement, auxquelles il faut déduire l'effet de sous-estimation des temps calculés.

²⁴ Inférieur à 8 minutes, malgré l'optimisme des hypothèses, et donc inférieur au temps de correspondance nécessaire.

3.4 Pour conclure sur la pertinence de cette option

Sans en faire une généralité, l'option d'introduire du matériel à inclinaison de caisse sur la liaison Bordeaux - Toulouse ne semble pas pertinente:

- les quelques gains de temps qu'elle procurerait seraient effacés, pour une partie des voyageurs, par la nécessité de transborder à Bordeaux;
- elle introduirait une complexification notable de l'exploitation, au moment où l'entreprise SNCF devrait viser la standardisation;
- elle exige des investissements conséquents non seulement en matériel roulant, mais aussi en infrastructure (investissements qui restent encore à évaluer, de même que l'augmentation des coûts d'exploitation).

Ceci laisse pressentir un mauvais rapport coûts (non négligeables) / bénéfices (faibles à nuls).

4 DES TEMPS DE PARCOURS ET DES GAINS DE TEMPS

4.1 Problématique

Pour la ligne nouvelle, un écart significatif existe entre les gains de temps obtenus par des trains directs et ceux qu'obtiennent des trains qui font deux arrêts intermédiaires (à Agen et à Montauban.). Ainsi, par exemple, les gains de temps qu'offre le scénario "Optimisé" sont de 20 min pour une liaison directe entre Bordeaux et Toulouse et de 19 minutes pour une liaison avec 2 arrêts intermédiaires, tandis que les valeurs respectives sur la ligne nouvelle sont de 56 contre 49 minutes (cf. Figure 5 et Tableau 8). Cet écart a suscité des interrogations, voire des doutes, lors de l'enquête.

	Bordeaux - Toulouse avec 2 arrêts			Bordeaux - Toulouse sans arrêt		
	Actuel	"Optimisé"	GPSO (LN)	Actuel	"Optimisé"	GPSO (LN)
Temps parcours	02h05	01h46	01h16	01h57	01h37	01h01
Gains de temps		19 min	49 min		20 min	56 min

Tableau 8: *Gains de temps de parcours par rapport au service annuel actuel, selon les calculs de l'EPFL*

(valeurs arrondies à la minute supérieure, avec marge de régularité mais sans marge d'exploitation)

4.2 L'avis des experts

Sur la base de ses propres calculs, l'expertise est également en mesure de confirmer cette différence d'écart entre gains de temps de parcours en train direct ou en train marquant 2 arrêts intermédiaires. Cet écart est intégralement attribuable aux pertes de temps que provoque sur ligne nouvelle la décélération en vue de l'arrêt du train puis sa réaccélération après l'arrêt en gare.

4.3 L'effet des arrêts intermédiaires

Par rapport à un passage par une gare intermédiaire sans arrêt, le coût en temps d'un arrêt se compose:

- du temps supplémentaire induit par la décélération du train;
- du temps de stationnement en gare;
- du supplément de temps nécessaire pour que le train quittant la gare puisse regagner la vitesse maximale autorisée;
- éventuellement d'une marge supplémentaire pour tenir compte d'une variabilité accrue induite par l'arrêt lui-même.

Les différents temps de parcours, quel que soit le cas ou le scénario, ont été établis avec une durée de stationnement de 3 minutes aux gares d'Agen et de Montauban et sans supplément de marge de régularité pour les trains marquant un arrêt à ces deux gares. Ainsi, les différences de temps, à part la durée de stationnement proprement dite, sont dues uniquement aux pertes de temps qu'induisent le freinage pour s'arrêter, avant la gare, et la réaccélération après le départ de la gare.

Plus la vitesse autorisée de passage sans arrêt à travers une gare est élevée, plus ce différentiel de temps est important. Ainsi, sur la ligne existante, même lorsqu'elle est réaménagée pour la grande vitesse, la traversée des gares actuelles d'Agen et de Montauban (et des faisceaux des voies en entrée et sortie de gare) se fait à vitesse relativement faible (80 et 90 km/h, respectivement, cf. Figure 3 en p. 10) et les pertes de temps pour la décélération et la réaccélération restent limitées. Ces pertes sont, dans le sens Bordeaux - Toulouse (Annexe 2) de:

- 43 sec à Agen (18½ dus au freinage et 24½ à l'accélération),
- 49 sec à Montauban (21 et 28 sec, respectivement).

Ainsi, un arrêt de 3 minutes dans une de ces deux gares sur la ligne classique ne "coûte" au total qu'un peu moins de 4 minutes de temps de parcours en plus, dont 3 minutes pour l'arrêt. Avec le jeu des arrondis, cela ne fait qu'une minute d'écart en gain de temps entre un passage en direct et un passage avec 2 arrêts (20 et 19 minutes de gagnées, respectivement, cf. Tableau 8).

La situation est toute autre si la gare intermédiaire peut être traversée à vitesse élevée par les trains qui ne s'y arrêtent pas. À titre d'exemple, si une gare nouvelle peut être traversée à 220 km/h, les pertes de temps qui s'ajoutent aux 3 minutes d'arrêt s'élèvent à:

- 60 sec pour le freinage et
- 105 sec pour la réaccélération.

Dans ce cas de figure, deux arrêts intermédiaires de 3 minutes chacun "coûtent" ainsi au total plus de 11 minutes: 6 minutes pour les arrêts et plus de 5 minutes de pertes de temps supplémentaires. Avec le jeu des arrondis (un départ d'une gare ne peut être programmé qu'à une minute pleine), ceci explique l'écart en gain de temps entre un passage en direct et un passage avec 2 arrêts (56 et 49 minutes de gagnées, respectivement, cf. Tableau 8).

Il s'agit en fait ici de constater une évidence: plus la vitesse d'une ligne est élevée, plus un arrêt supplémentaire pénalise les temps de parcours, réduisant ainsi les gains de temps.

5 LA QUESTION DE LA CAPACITÉ

5.1 Problématique

La question de la capacité a été soulevée à quelques reprises, notamment par la Commission d'enquête. Elle peut être circonscrite sous forme de deux questions de thématique très proche l'une de l'autre:

- Quelles seraient les conséquences en termes de capacité, si la ligne nouvelle ne se réalisait pas?
- Peut-on limiter la requalification de la ligne existante à la seule amélioration des performances des trains sans élargissements (adjonction de voies supplémentaires)?

Derrière ces questions se cache aussi un reproche formulé parfois à mi-mots à l'égard du maître de l'ouvrage: celui d'avoir exagéré les investissements en capacité soit pour grever indûment le projet de requalification de la ligne existante, soit pour se créer une situation trop confortable en cas de construction d'une ligne nouvelle.

5.2 L'avis des experts

Les experts se doivent de souligner que ce débat doit s'inscrire dans une vision dynamique, celle d'une croissance du ferroviaire à long terme, sous la double impulsion du besoin d'assurer un développement plus durable, d'une part, la croissance jusqu'à la maturation des TER²⁵, d'autre part.

Une évaluation précise de la capacité demande des hypothèses très détaillées quant à l'offre ferroviaire (cf. § 5.3, ci-après). Or, au stade actuel des études, il serait peu opportun de lier une telle évaluation à des scénarios d'offre future placés à un horizon qui les rend intrinsèquement fragiles. Ceci oblige en la matière, plus qu'ailleurs, de recourir à des avis d'expert plutôt qu'à des démonstrations mathématiques.

Ces avis peuvent être exprimés comme suit:

- Les investissements capacitaires, que le maître de l'ouvrage prévoit au Sud de Bordeaux et au Nord de Toulouse quel que soit le scénario (ligne nouvelle ou requalification de l'existante), sont incontournables dans leur principe. L'investissement qui leur correspond doit être prévu.
- Les experts n'ont pas identifié, dans l'un ou l'autre des projets du maître de l'ouvrage, des éléments d'augmentation de la capacité qui relèveraient du superflu ou que l'on pourrait qualifier de "luxueux".
- Une optimisation fine des investissements en capacité ne pourrait se faire que lorsque les options quant à l'offre seront mieux précisées qu'aujourd'hui, tant pour la ligne nouvelle²⁶

²⁵ Ces derniers ayant été longtemps en France le "parent pauvre" face à un développement quasi impérial du réseau à grande vitesse (dans tous les cas par comparaison à des pays voisins tels que l'Allemagne ou la Suisse, ou même les pays scandinaves).

²⁶ Ainsi, par exemple, il est impossible de se prononcer aujourd'hui sur la nécessité de prévoir systématiquement un saut-de-mouton à tout raccordement d'un shunt à la ligne existante. On ne peut donc affirmer qu'il y aurait là un potentiel d'économies, mais on ne peut non plus exclure un tel potentiel.

que pour la requalification de la ligne actuelle. Selon les experts, une définition plus précise de l'offre devrait se faire en tant que tout prochain pas dans la poursuite des études, quitte à recourir à des variantes.

- Une offre systématique permet statistiquement de réduire les besoins en investissement de capacité. Le mot clef, ici, est "statistiquement". À ce stade, il n'est pas possible d'affirmer qu'une réduction des investissements motivés par des besoins de capacité soit envisageable, ni pour la ligne nouvelle ni pour la requalification de la ligne existante. Il importe de tenter l'exercice.

5.3 Une vision nécessairement macroscopique

La capacité ferroviaire est une notion ambiguë et, de ce fait, souvent galvaudée, utilisée à tort et à travers. Si on la définit comme le nombre maximal de trains susceptibles de circuler dans un réseau en un temps donné et sous des conditions d'exploitation définies, l'ambiguïté de la notion devient évidente. Non seulement la capacité dépend de l'infrastructure, mais aussi de la mixité des services (les "trains" d'origines, destinations et missions variées), de leur programmation dans le temps (placement relatif dans l'horaire) et de l'ensemble des mesures (détentes de temps, marges) prises pour assurer la régularité de l'exploitation (et donc la qualité du service). Ainsi, la variation de l'un quelconque de ces facteurs conduit mécaniquement à une autre valeur de la capacité²⁷.

Ainsi, l'analyse de la capacité d'une ligne ou d'un réseau ferré n'est pas un processus qui peut se résumer à la seule comparaison ou consultation de graphiques horaires. En effet, les conditions cadres (capacité et contraintes sur les lignes voisines) ainsi que les options en termes d'offre de transports (structuration et coordination de l'offre voyageurs, place du fret, ...) influencent très fortement les résultats.

Dès lors, et à moins de définir dans un absolu détail une offre de référence, notamment pour ce qui concerne les TER, l'expertise ne peut que rester macroscopique, en mettant le doigt sur les éléments les plus caractéristiques. Une vérification fine des aménagements proposés ne pourrait se faire qu'en s'appuyant sur une étude plus détaillée, mais qui nécessiterait la mise en œuvre de moyens plus conséquents, tant du point de vue technique (logiciels de modélisation) que temporel.

5.4 Accélérer les trains rapides réduit la capacité

Lorsque le trafic est hétérogène, l'accélération des trains les plus rapides (dans notre cas il s'agit des sillons TGV) accroît l'écart entre vitesses commerciales, ce qui a toujours un impact négatif sur la capacité, quelles que soient les infrastructures et les conditions cadres.

En effet, sur une ligne à trafic mixte, la capacité dépend, entre autres, du différentiel de vitesse entre les trains les plus rapides et les plus lents. Plus le trafic est homogène, plus la capacité est importante; elle atteint son maximum lorsque tous les sillons sont parallèles. Par contre, accentuer le différentiel a forcément un impact négatif sur la capacité (Figure 8).

²⁷ Cette vision est également celle des textes réglementaires qui obligent le gestionnaire de l'infrastructure à déclarer la saturation lorsque ce devient impossible de placer un sillon demandé dans un horaire précis.

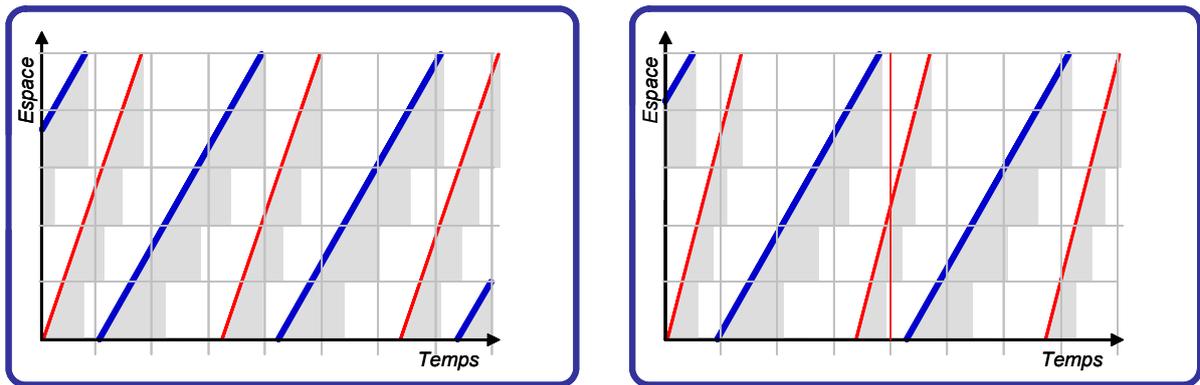


Figure 8: Augmenter le différentiel de vitesse (ici: par accélération des trains les plus rapides) réduit la capacité d'une double voie

Il n'en va pas autrement de la ligne classique Bordeaux – Toulouse où les trains TGV sont déjà largement plus rapides que les TER et autres trains de fret. De fait, si un ripage de la voie et/ou des corrections de dévers permettent d'augmenter jusqu'à 220 km/h la vitesse des trains rapides, sans que la vitesse des autres ne soit significativement modifiée, l'écart de vitesse ne peut que s'agrandir.

À nombre de voies égal, la capacité disponible après requalification de la ligne existante serait plus faible qu'aujourd'hui.

Par contre, lorsque l'augmentation de la vitesse passe par la construction de shunts, ces derniers peuvent constituer autant de tronçons favorisant le dépassement des trains lents par des trains plus rapides. Toutefois, pour bénéficier concrètement de ce potentiel de dépassement des trains, encore faut-il que les sillons soient placés au bon moment (afin que le dépassement se fasse au moment où les 2 trains se trouvent l'un sur le shunt et l'autre sur le tronçon classique évité par le shunt). Or la position relative des différents sillons dans le temps ne peut dépendre uniquement de la localisation des shunts, sous peine de ne pas pouvoir coordonner les différentes offres voyageurs entre elles. Des aménagements complémentaires peuvent ainsi se révéler nécessaires pour garantir une capacité suffisante, même en présence de shunts.

5.5 Capacité des tronçons communs

Quelle que soit la variante choisie, ligne nouvelle ou aménagement de la ligne existante, la totalité du trafic se retrouve sur la même infrastructure en entrée/sortie des nœuds ferroviaires de Bordeaux et Toulouse. Ces tronçons sont également ceux où le nombre de sillons souhaité est le plus important, notamment en raison d'une offre TER densifiée aux abords des grandes villes.

Dans le cas de Toulouse par exemple, la cohabitation de TER périurbains (avec arrêts partout) cadencés au quart d'heure avec les autres sillons ne serait pas possible sur une ligne qui n'aurait que deux voies seulement. En effet, ces sillons lents utilisent trop de capacité pour per-

mettre de tracer tous les sillons rapides sans devoir les domestiquer en les ralentissant. Ainsi, des aménagements sont nécessaires quelle que soit la variante. L'augmentation de capacité peut se faire soit par l'ajout de 2 voies supplémentaires (solution retenue par le maître de l'ouvrage) soit par la construction d'une seule voie dédiée aux TER périurbains avec points de croisement judicieusement placés. Cette seconde solution rigidifierait cependant le placement des TER ce qui peut se révéler problématique lorsqu'une partie d'entre eux doivent être prolongés ou mis en correspondance avec d'autres trains.

Les experts considèrent comme nécessaires les aménagements prévus à proximité des nœuds de Bordeaux et de Toulouse. Ils le sont quel que soit le scénario, avec ou sans ligne nouvelle.

5.6 Adéquation des aménagements proposés par le scénario Optimisé

L'étude d'exploitation élaborée par le maître de l'ouvrage [3.5] présente un certain nombre d'horaires, tout aussi bien pour le scénario "Optimisé" (en p. 40) que pour les 2 autres scénarios (en pp. 22 et 31). L'expertise admet que ces horaires n'ont été élaborés qu'à titre d'instruments temporaires de travail, mais qu'ils ne répondent pas encore à une recherche d'optimisation fine de l'offre. En effet, même si les sillons se répètent régulièrement:

- ils ne sont pas strictement cadencés, notamment en ce qui concerne les sillons TGV dont l'espacement varie de 30 à 25/35 minutes selon les variantes;
- le placement des autres sillons ne répond pas à une stratégie préalablement définie, puisque leur accroche dans les différents nœuds varie parfois de plusieurs dizaines de minutes et que les gares d'arrêt des TGV et trains IC ne sont que rarement utilisées en tant nœuds de correspondance entre trains de catégorie différente.

C'est notamment le cadrage initial pour le GPSO (horaire stratégique) qui a conduit au positionnement prioritaire des missions radiales (Paris - Toulouse), qui ne sont pas strictement cadencées aux 30 minutes avec les missions Intersecteurs Grand Sud (Bordeaux - Montpellier) du fait de problématiques de rendez-vous, notamment aux nœuds de Toulouse et de Montpellier. Ces contraintes d'attache horaire se répercutent ainsi sur la structuration de la trame TER sur la ligne existante.

À ce stade des investigations, il n'est pas possible de déterminer si une coordination entre sillons induirait une augmentation des investissements ou, au contraire, simplifierait les aménagements nécessaires. En guise d'exemple, un cadencement strict des sillons TGV offre deux fenêtres identiques de 30 minutes qui permettraient d'insérer de manière totalement identique deux sillons TER, eux aussi cadencés à la demi-heure. Et, s'il y avait besoin d'infrastructure complémentaire, un aménagement unique répondrait aux besoins des deux sillons TER.

En conclusion, les experts pressentent que, au-delà des shunts nécessaires au gain de temps, des aménagements complémentaires seraient nécessaires pour tracer l'ensemble des sillons souhaités. Cependant, dans l'état actuel des études des horaires, le fait de l'absence de cadencement strict des sillons TGV et ses conséquences sur les autres sillons voyageurs, ne permet pas d'exclure un potentiel d'optimisation ultérieure des aménagements proposés. Par ailleurs, la grille horaire pour le scénario avec ligne nouvelle est basée sur des hypothèses d'offre légèrement différentes que pour les autres scénarios.

Bien que soit hautement vraisemblable l'affirmation du maître de l'ouvrage qu'aucun aménagement capacitaire sur la ligne existante ne serait nécessaire, cette étroite dépendance entre horaires et aménagements interdit en toute rigueur une certitude sur ce point.

De l'avis des experts, dans pareille configuration, les études d'horaires devraient être précédées par la définition de la structure nodale suprarégionale dans laquelle doivent s'insérer les sillons TGV et IC au long parcours. Un cadencement strict des sillons doit être recherché, afin de ne pas péjorer un placement ultérieur de sillons TER cadencés à la demi-heure ou au quart d'heure. Dans un deuxième temps, ce sont les structures nodales régionales et locales qui doivent être définies, afin de mettre en concordance les offres voyageurs et de propager ainsi l'effet du cadencement au plus grand nombre de relations possible. Seul un travail mené en parallèle sur les variantes avec et sans ligne nouvelle serait de nature à livrer des éléments de comparaison. Dans le cas de construction de la ligne nouvelle, ce sont les besoins de la structuration qui doivent plutôt définir l'objectif de temps de parcours et les aménagements nécessaires.

Il convient néanmoins de noter que la structuration nodale à l'échelle du réseau français, bien que tendant vers un cadencement généralisé, est encore bien souvent perturbée du fait d'une priorité quasi absolue accordée aux gains de temps sur les missions radiales à grande vitesse. Ceci, de l'avis des experts, limite en maints endroits du réseau national la possibilité de concevoir des services TER vraiment cadencés, voire simplement équilibrés.

6 Y A-T-IL UN BIAIS DANS LA COMPARAISON DES COÛTS?

6.1 Réaménager la ligne actuelle coûte autant que la construire une ligne nouvelle?

Problématique

L'aménagement des voies existantes pour des vitesses de l'ordre de 200 km/heure serait-il aussi coûteux que celui de la ligne nouvelle?

La formulation de la question (qui constitue aussi le titre de ce paragraphe) souffre, en toute rigueur, de manipulation. Personne en réalité n'a formulé la problématique en termes aussi extrêmes. Ce sont les experts qui en assument la paternité, dans leur volonté de mettre en évidence un sentiment qui apparaît à plusieurs reprises lors de l'enquête, de manière plus ou moins explicite. Y aurait-il volonté, délibérée ou pas, de fausser la comparaison des coûts, en exagérant ceux de requalification de la ligne existante et en minimisant ceux de construction d'une ligne nouvelle? La préférence que - en toute transparence - déclare le maître de l'ouvrage pour la construction de la nouvelle ligne renforce évidemment ce sentiment auprès de ceux qui sont opposés à cette solution.

L'avis des experts

Au terme d'une analyse, par la force des choses incomplète, procédant par sondages, pointages, comparaisons avec des cas analogues (y compris étrangers), les experts ne sont pas en mesure de contester les estimations des coûts produites par le maître de l'ouvrage. Ceci tout aussi bien pour ce qui concerne le projet de ligne nouvelle que l'éventualité de requalification de la ligne existante.

Les experts estiment que l'ordre de grandeur des coûts avancés par le maître de l'ouvrage est suffisamment fiable pour étayer une décision en faveur de la construction d'une ligne nouvelle ou de la requalification de la ligne existante.

Choix méthodologiques

L'ampleur de la présente expertise, en termes d'effort et de délais qui lui sont accordés, rend irréaliste un contrôle de la totalité des coûts estimés, avancés par le maître de l'ouvrage, le cabinet Claraco, etc. Ce faire aurait exigé de reprendre les projets à la base, voire même d'en disputer des options techniques afin d'en valider l'optimalité. Or, une expertise ne consiste certainement pas à refaire les études.

Les experts ont ainsi opté pour une démarche inspirée des contrôles comptables, qui consiste à:

- 1) Se former une opinion de base sur la compétence et le sérieux de l'auteur des "comptes" à évaluer et la capacité de ce dernier à mener à bien cette tâche.
- 2) Vérifier la vraisemblance et la cohérence entre eux des différents ordres de grandeur. Les comparer à des cas analogues, afin de détecter des biais marqués ou des incohérences.
- 3) Valider la méthodologie d'ensemble et son adéquation avec la tâche à réaliser.
- 4) Procéder par sondage, en vérifiant dans le détail des parties critiques.

Dans l'ensemble

SNCF Réseau est l'instance en France qui, plus que quiconque, a une connaissance fine et complète des coûts de construction de lignes nouvelles ou d'aménagement de lignes existantes. Elle en a l'expérience et les données statistiques. Elle a aussi une compétence incontestable de conception, d'élaboration et de pilotage de très grands projets ferroviaires. Pour certains aspects sectoriels d'un projet, SNCF a même le monopole de la connaissance ou de la compétence, voire des deux. SNCF Réseau est ainsi, avec peut-être un ou deux autres grands constructeurs, la seule instance qui a la capacité d'élaborer un projet et d'en estimer les coûts avec le minimum de risque d'erreur.

La capacité du maître de l'ouvrage de produire une estimation aussi précise et fiable que possible, compte tenu du niveau de détail du projet, est ainsi incontestable. Reste alors la question de sa volonté de le faire. Les experts notent que le maître de l'ouvrage serait le premier à subir les conséquences d'une mauvaise estimation des coûts, que ce soit pour la construction de la ligne nouvelle ou pour l'aménagement de la ligne existante en vue de sa requalification pour des vitesses de l'ordre de 220 km/h. Ils notent également que, dans la configuration du processus décisionnel, rien ne permet à la SNCF de pressentir la décision finale des pouvoirs publics, ce qui aurait pu inciter de biaiser sans conséquences les estimations d'une option dont on aurait la certitude qu'elle ne serait pas choisie. Cette responsabilisation *de facto* du maître de l'ouvrage est la garantie factuelle de l'absence d'intérêt de biaiser l'estimation des coûts.

Dans les analyses de détail, les experts ont établi plusieurs ratios qu'ils ont tenté de comparer entre eux, afin de vérifier la cohérence interne des études et aussi, dans la mesure du possible, avec d'autres cas, afin de vérifier la nature raisonnable des ordres de grandeur²⁸. Les experts tiennent à noter, tout comme la Commission d'enquête l'a fait en son temps, l'ouverture du maître de l'ouvrage qui a mis à disposition de nombreux documents permettant de contrôler le détail de ses calculs et ce, souvent, spontanément.

Ces analyses ont été complétées par des contrôles aléatoires des parties de calculs.

Aucun élément de tout ce qui a été contrôlé n'est de nature à créer un doute chez les experts quant à la validité des résultats d'étude par rapport à leur utilité première: celle de permettre aux pouvoirs publics et *in fine* à la collectivité de se former une opinion impartiale et de prendre une décision éclairée quant à l'option à choisir.

²⁸ Les quelques "imperfections" que les experts ou des études plus poussées ont pu relever ne remettent pas en cause les ordres de grandeur.

Les raisons du doute

Afin de comprendre les doutes qu'ont suscités les estimations des coûts, il convient de se pencher sur les aménagements nécessaires d'une voie existante lorsque l'on désire relever les vitesses praticables:

- une augmentation du dévers de certaines courbes pourrait être suffisante pour atteindre la vitesse cible; ceci peut exiger un *ripage* de la voie, c'est-à-dire son décalage latéral dans la partie qui raccorde l'alignement (la section droite) à la courbe;
- sur d'autres courbes, il s'agit d'en augmenter le rayon, ce qui exige un important ripage de la voie, par décalage de la courbe vers l'intérieur par rapport à sa position d'origine;
- enfin, dans la plupart des situations de relèvement de la vitesse, il est également nécessaire d'augmenter l'entraxe, c'est-à-dire l'espace entre les deux voies de circulation.

Ces opérations peuvent avoir un impact sur l'emprise de la voie. Une modification d'emprise, même légère, peut à son tour avoir des impacts considérables si elle a lieu dans un milieu bâti où si des ouvrages d'art sont concernés.

Comme évoqué aussi dans le chapitre consacré aux trains pendulaires (cf. fin du § 3.3. p. 20), ces coûts d'adaptation de l'infrastructure (y compris les acquisitions foncières) ne sont qu'une partie du coût total. S'y ajoutent:

- la suppression des passages à niveau, là où la vitesse est relevée au-delà de 160 km/h (cf. § 6.2 ci-après);
- l'adaptation de la signalisation;
- le renforcement éventuel de l'alimentation électrique.

Enfin, les travaux doivent se faire sous exploitation de la ligne, ce qui augmente considérablement leur difficulté de réalisation et, par voie de conséquence, les coûts unitaires.

Ainsi, ce qui paraît être une opération relativement anodine aux yeux du profane, induit:

- des travaux lourds qui, parfois, sont équivalents à ceux de la reconstruction de la ligne;
- des difficultés d'intervention dans des milieux contraints tout en devant assurer une exploitation ne serait-ce que minimale de l'ouvrage;
- par conséquent, des coûts d'intervention qui peuvent dépasser ceux de la construction d'une ligne nouvelle.

Pour conclure sur les coûts

L'expertise retient ainsi les estimations déjà reportées dans le § 2.6 comme ordres de grandeur susceptibles de constituer une référence pour la décision (Tableau 9).

Scénarii	St-Médard - St-Jory	Bordeaux - Toulouse
	Investissement [mio € ₂₀₁₁]	
Ligne nouvelle Bordeaux - Toulouse	5'640	6'780
Requalification de la ligne existante (selon Scénario Optimisé)	3'400	4'540

Tableau 9: Les ordres de grandeur à retenir

6.2 La question des passages à niveau

Problématique

La suppression des passages à niveau sur la ligne actuelle soulève une double logique contradictoire:

- il a, d'une part, été affirmé que les impératifs de sécurité conduiraient inexorablement à la suppression des passages à niveau et ce, quel que soit le scénario retenu; il serait de ce fait abusif d'en comptabiliser le coût dans celui de la requalification de la ligne actuelle;
- il a, d'autre part, été soutenu que seule une requalification de la ligne (avec notamment un relèvement des vitesses au-delà de 160 km/h) serait de nature à enclencher une suppression systématique de l'ensemble de ces passages, auquel cas il est légitime d'imputer le coût de cette opération, dictée par la seule requalification, aux coûts de cette dernière.

Comment se départager entre ces deux logiques?

L'avis des experts

L'expertise prend acte de ce que:

- il n'y a pas aujourd'hui une politique systématique et coordonnée de suppression des passages à niveau sur le réseau ferré national; ce terme de "politique systématique" comprend les règles qui doivent guider l'action et le financement pour soutenir cette dernière;
- la réglementation actuelle interdit des vitesses supérieures à 160 km/h sur des sections de ligne où subsistent des passages à niveau;
- la requalification de la ligne actuelle afin de relever la vitesse à 220 km/h exigerait la suppression de 103²⁹ passages à niveau.

Sur la base de ces éléments, l'expertise conclut que le coût de suppression des passages à niveau doit, sans aucune hésitation, grever le coût de requalification de la ligne actuelle. Toute autre option induirait un biais dans les évaluations comparatives en vue de la décision.

L'ampleur du problème en termes de nombre et de coût

Pour le scénario dit "Optimisé", celui que l'expertise considère comme l'hypothèse la plus fiable et la plus pertinente pour établir les éléments d'évaluation de l'opportunité de requalification de la ligne actuelle, le dossier d'étude avance une enveloppe de 415 millions d'euros au titre de suppression des passages à niveau (cf. [3] et Tableau 4 en p. 13).

Une actualisation de l'étude des passages à niveau [13], réalisée en mai 2015 par Setec à la demande de SNCF Réseau et versée au dossier de l'expertise, procède à une révision (mineure) du nombre de passages à supprimer. Elle classe les passages à niveau sur la ligne actuelle en 4 catégories (1 à 4, selon l'arrêté du 18 mars 1991) et procède par une analyse, un par un, de l'ensemble de passages de catégorie 1 en:

- indiquant le type (SAL2 ou SAL4)³⁰ du passage;

²⁹ Selon la mise à jour de l'étude la plus récente [13].

³⁰ SAL: signalisation automatique lumineuse, avec 2 ou 4 demi-barrières, respectivement.

- reportant la vitesse cible de son franchissement par les trains, en fonction du scénario de requalification de la ligne;
- attribuant au passage à niveau un indice (1 à 3) reflétant la complexité (et le coût, par voie de conséquence) de sa suppression.

En écartant les passages à niveau dont la suppression est déjà programmée et ceux qui devraient être supprimés pour d'autres raisons que la requalification de la ligne actuelle, l'étude dénombre 103 passages à niveau concernés par la seule requalification (essentiellement pour des raisons de relèvement de la vitesse et, quelquefois, à cause du nombre de voies ferrées à traverser), sur un total de 132 passages recensés. En se basant sur des coûts unitaires proposés par Setec³¹, il s'agirait d'un investissement de l'ordre de 410 millions d'euros (valeur 2012, Tableau 10), enveloppe correspondant au montant mentionné initialement.

PN supprimables à ...				
... indice 1:	20	sur 25	pour 32 mio	à un coût moyen de 1,6 mio
... indice 2:	36	sur 44	pour 115 mio	à un coût moyen de 3,2 mio
... indice 3:	47	sur 63	pour 263 mio	à un coût moyen de 5,6 mio
soit, au total	103	sur 132	pour 410 mio	

Tableau 10: Passages à niveau à supprimer et coût (en €₂₀₁₂, selon [13] et calculs EPFL)

Il importe toutefois de noter qu'autant l'identification des passages et leur qualification procède d'une analyse détaillée, au cas par cas, autant l'estimation des coûts est grossière, basée sur un prix moyen de suppression d'un passage à niveau selon son indice de difficulté. Bien que ces valeurs moyennes bénéficient de la richesse d'une base statistique très large dont dispose Setec, cette manière d'évaluer le coût ne fournit qu'une première approximation, assez grossière, de l'ordre de grandeur de l'effort financier nécessaire. Par contre, l'ordre de grandeur ainsi estimé est dans le domaine du probable.

En conclusion, pour ce qui concerne les passages à niveau

L'expertise:

- prend acte de la mise à jour de l'étude qui précise et corrige l'inventaire des passages à niveau dont il conviendrait d'envisager la suppression en cas de requalification de la ligne actuelle;
- confirme sans réserves la pertinence de la suppression de ces passages, ainsi que leur nombre;
- n'est pas en mesure de confirmer le coût de cette suppression (établi sur la base d'un classement et à l'aide de prix moyens, approche mal adaptée à la variabilité de ces coûts), mais déclare vraisemblable l'ordre de grandeur de l'enveloppe estimée;
- confirme la pertinence de comptabiliser ce coût dans celui de la requalification de la ligne actuelle, le nombre de passages concernés étant tel qu'il n'est pas réaliste de penser qu'ils seraient "naturellement" supprimés avant une requalification éventuelle.

³¹ Les valeurs moyennes utilisées (Tableau 10) ont été communiquées aux experts par courrier électronique de Setec. Ces valeurs contiennent une "Somme à valoir" de 10%, 15% et 25% respectivement.

7 LA GRANDE VITESSE, LA MÉTROPOLISATION ET LES DÉPLACEMENTS DU QUOTIDIEN

7.1 Problématique

La grande vitesse, lorsqu'elle est économiquement justifiable, relie entre elles des métropoles d'une certaine importance. De ce fait, elle comporte le risque d'accroître l'inégalité régionale, en renforçant les pôles déjà forts. Un second risque lui est aussi parfois associé: celui de drainer l'investissement public au détriment de lignes et du réseau classique. Comment se distribuent à travers la population les bénéfices d'une nouvelle ligne? Ne profiterait-elle pas qu'à quelques privilégiés au détriment des "usagers quotidiens"?

7.2 L'avis des experts

La grande vitesse offre de réelles chances de favoriser un développement économique et une mobilité durable. Elle présente également, comme déjà mentionné, des risques réels en termes d'équité territoriale et d'épuisement des ressources publiques au détriment du réseau classique.

Il est important de souligner ici que reconnaître la réalité d'un risque ne revient pas à affirmer la certitude qu'il sera réalisé. Or, plus souvent que nécessaire, la critique d'un projet tend à mettre en exergue les risques encourus et les porter au stade de certitudes. Ceci équivaut à un procès d'intentions que la présente expertise se refuse d'admettre.

Afin de bénéficier des avantages et de maîtriser les risques, la mise en place de liaisons à grande vitesse devrait être associée à une politique forte et pérenne de maîtrise du développement territorial. Cette politique devrait toutefois être couplée à une planification sophistiquée et souple à la fois, capable de suivre l'évolution du système et de s'adapter lorsque des dérives apparaissent. Cette politique devrait:

- favoriser la complémentarité entre TER et grande vitesse qu'une LGV rend possible;
- gérer, voire inverser par des mesures efficaces, une tendance non désirée d'accroissement de la métropolisation.

Bénéficier des chances que la grande vitesse offre et maîtriser les risques qu'elle pourrait représenter dépend de la pertinence de la politique qui accompagnera sa mise en place. L'expertise ne peut donc se prononcer de manière non ambiguë sur cette question.

7.3 Des chances et des risques

De très nombreux travaux de recherche, en France et à l'étranger, ont analysé les effets territoriaux de la grande vitesse et ses conséquences sur l'équité régionale. C'est l'avènement de la grande vitesse en France, avec la mise en service de la LN1 entre Paris et Lyon, qui en a été le premier incitateur. La plupart de ces études portent sur un aspect sectoriel ou un impact spécifique. Certaines sont orientées et font preuve d'un militantisme, souvent avoué, en tentant explici-

tement de soutenir une thèse ou l'autre. Les bilans LOTI apportent un matériau précieux, largement repris par la communauté scientifique internationale, qui s'en nourrit pour ses recherches.

L'ensemble de ce matériel scientifique permet aujourd'hui de constituer un état de l'art sur la question³². Les éclairages multiples montrent et démontrent la complexité de la question. L'expertise n'a ni la vocation ni la mission d'élaborer un traité monographique sur une problématique où rien n'est tout noir, ni tout blanc. Elle se limite à présenter un état macroscopique de ce que des décennies de recherches ont mis en évidence, sous forme d'un certain nombre de constats.

Constat 1: Accélération du développement économique

La grande vitesse peut devenir un accélérateur important du développement économique. Elle joue toutefois le rôle que joue un catalyseur dans une réaction chimique: pour que cette dernière se fasse, on n'a non seulement besoin du catalyseur, mais des ingrédients de base, également; sans ces derniers, la réaction chimique n'aura pas lieu. Si le terrain, le contexte n'est pas fertile pour le développement économique, la mise en service d'une LGV restera largement sans effets sur ce plan.

Constat 2: Soutien à la promotion d'une mobilité dite durable

Partout où elle a été introduite, la grande vitesse a été favorable à une mobilité plus durable grâce à:

- une amélioration substantielle de la qualité de service des transports en commun, associée à
- la libération des capacités sur ligne classique, créant ainsi souvent une condition nécessaire (mais pas suffisante) pour un transfert du fret de la route au rail.

Cet effet favorable va bien au delà des déplacements à longue distance, entre métropoles. Un système de 2 lignes, une ligne classique et une ligne à grande vitesse, offre une capacité largement plus que doublée par rapport à celle d'une ligne isolée. En effet, chacune des lignes se voit dotée d'un trafic bien plus homogène qu'auparavant, ce qui rend chacune des lignes considérablement plus capacitaire que la seule ligne classique (Figure 9). Une telle réduction de l'hétérogénéité est le plus souvent indispensable afin de pouvoir mettre en place des réseaux TER performants, offrant une haute qualité de service (en termes de temps de parcours, de fréquence et de respect du cadencement).

La grande vitesse peut ainsi favoriser la mise en place de politiques de:

- transfert modal de l'air et de la route vers le rail d'une part du flux actuel des voyageurs à longue distance;
- transfert modal vers le rail et la mobilité douce d'une part du flux actuel des voyageurs du quotidien;
- transfert modal vers le rail du fret;
- guider vers des modes de transport plus durables de la future croissance de la mobilité;
- contrôle plus strict et plus efficace du développement territorial (aménagement du territoire)³³.

³² Le lecteur intéressé pourra se constituer une première liste bibliographique dans [31], [32] et [33], qui peut devenir une amorce pour une plongée dans la littérature relative aux questions que soulève la grande vitesse.

³³ Il convient de citer ici l'exemple des politiques d'aménagement du territoire mises en place en Suisse et qui n'autorisent l'implantation d'activités nouvelles qu'autour de pôles bien desservis par les transports en commun.

Le mot clef dans ce constat est "*peut ainsi favoriser la mise en place*". En cette matière également, la grande vitesse joue le rôle d'un catalyseur. Pour que cette évolution se matérialise, encore faut-il disposer d'une volonté politique rendant cette matérialisation possible.

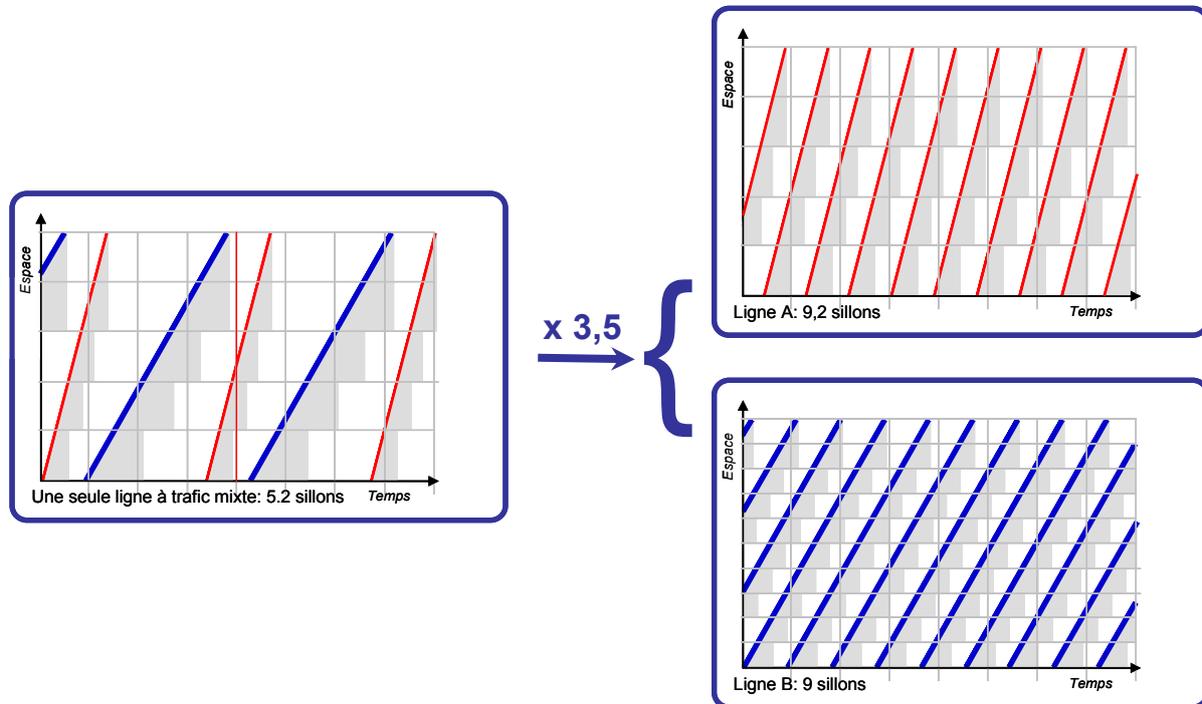


Figure 9: Effet sur la capacité de passage d'une ligne à trafic mixte à deux lignes à trafic homogène avec optimisation du bloc (figure de principe)

Constat 3: La demande est sensible au temps, mais au prix aussi

Un des grands facteurs du succès de la LN1, succès qui a marqué les esprits en son temps, est lié au fait que le prix du billet, au supplément de la réservation obligatoire près, était le même que l'on se déplace en TGV ou en train classique. Ceci a eu pour effet d'occulter, dans un certain nombre d'analyses, le poids du coût en se focalisant sur les seuls gains de temps. Or, l'avènement depuis de marchés différents et inconnus à l'époque (aérien *low-cost*, co-voiturage) ont sensiblement modifié le contexte, comme le démontrent les travaux sous l'égide d'Alain Sauvart [34], notamment.

Il est vrai que les études de demande figurant dans le dossier d'études tiennent explicitement compte d'hypothèses tarifaires et tentent donc bien de refléter l'effet "prix". La qualité de ses études est du reste reconnue par ailleurs par le Commissariat général à l'investissement [5] et par la contre-expertise que ce dernier a mandatée [7]. Le doute soulevé ici ne porte donc pas sur la qualité des études mais, plus en amont, sur la capacité de nos instruments actuels de prévision de bien refléter des contextes radicalement différents de ceux qui ont servi à leur mise au point.

Constat 4: Un risque réel d'assécher le financement au détriment du réseau classique

Lorsqu'une priorité trop importante est accordée à l'investissement en faveur de la grande vitesse dans un contexte inévitable de budgets limités, il y a un risque de dégradation de la substance du réseau classique. Ce risque est d'autant plus pernicieux qu'un retard sur le financement de la maintenance ne produit pas immédiatement d'effets négatifs constatables. À terme cependant, un tel retard impacte sévèrement l'état du réseau dans son ensemble [35].

Il importe ici de répéter qu'il s'agit non pas d'un déterminisme, mais d'un risque. Ce risque peut être maîtrisé par une politique clairvoyante réglant sur le long terme les équilibres du partage de l'investissement public.

Constat 5: Un risque d'approfondir le fossé régional

L'investissement pour la grande vitesse n'a de rationalité économique que s'il se porte sur les axes forts structurant un réseau. Ainsi, par un effet mécanique d'amélioration massive de la qualité de service entre pôles dominants, la grande vitesse peut rendre encore plus périphériques des régions qui le sont déjà. Ce risque a déjà conduit des pays comme la Suisse (pays riche, mais compact et de faible étendue géographique) à renoncer, dans un premier temps à la grande vitesse, au profit d'une offre de transports garantissant une meilleure équité régionale [29]. Il convient toutefois de relever que, dans ce dernier cas, la question de la grande vitesse n'a subi qu'un moratoire temporaire; elle revient sur le tapis, grâce à des investissements d'augmentation de la capacité, inévitables à moyen terme.

Ici aussi, il convient de remarquer qu'il ne s'agit que d'un risque qui peut être géré par une politique volontariste et pérenne d'aménagement du territoire. Les collectivités semblent être conscientes des actions nécessaires pour éviter ce risque, ainsi qu'en attestent les efforts liés à l'élaboration des schémas de cohérence territoriale (SCoT, cf. [5]).

8 LES ÉTUDES D'IMPACTS

8.1 Problématique

Les experts ont également été appelés à se prononcer sur le volet des études environnementales et les études d'impacts. Les ressources limitées de l'expertise et, plus particulièrement, les délais courts qui lui sont associés interdisent *de facto* toute velléité de révision des calculs et estimations qui figurent dans de nombreux documents d'études. Dans ce contexte, l'expertise se limitera à produire un avis d'expert sur le sérieux des études entreprises et sur la plausibilité de leurs résultats, sous la lumière notamment de deux questions:

- la requalification de la ligne existante porterait-elle une atteinte moindre à l'environnement et à l'agriculture?
- quels sont les enjeux, en termes d'impacts, entre les deux politiques, celle de la requalification et celle de la construction d'une ligne nouvelle?

8.2 L'avis des experts

Aux yeux des experts, rien dans l'analyse des études existantes ne constitue une raison de doute quant à un biais en faveur de l'une ou l'autre des options.

Les experts ont en effet été dans l'incapacité de trouver des éléments qui permettraient de penser que de manière involontaire ou délibérée les résultats seraient biaisés ou les conclusions seraient formulées de manière à favoriser une option politique plutôt qu'une autre.

Les experts, en accord avec le maître de l'ouvrage (Tableau 11), mais aussi avec la Commission d'enquête et les opposants à la construction d'une ligne nouvelle, constatent que l'option de construction d'une ligne nouvelle produit plus d'impacts négatifs en termes de consommation d'espace (et donc d'acquisition de terrains), d'effet de coupure et de territoires "délaissés" qu'une requalification de la ligne existante. Ils constatent par contre qu'en termes de nuisances à la population (notamment acoustiques) la balance penche en faveur de la construction d'une ligne nouvelle.

Point n'est besoin d'études très détaillées pour arriver à cette conclusion, qui consiste aussi à répondre (en se référant à une évidence) à la première des questions formulées ci-dessus (cf. § 8.1). L'essentiel des études en la matière trouvent leur utilité non pas à la réponse qu'elles apportent, mais dans les mesures à prendre pour éviter ou limiter les impacts négatifs et à en évaluer le coût.

En accord toutefois avec le maître de l'ouvrage, les experts soulignent l'importance particulière des impacts sur le bâti que produirait le choix de l'option de requalification de la ligne existante. Ces impacts sont d'une double nature: directs, bien entendu, mais indirects aussi dans la mesure où le manque d'acceptabilité des interventions en milieu bâti et urbanisé risque non seulement de retarder la réalisation de l'ouvrage, mais surtout de créer des tensions sociales profondes et persistantes.

8.3 Évaluation d'ensemble des impacts

Le Tableau 11 ci-dessous, copié sans modification ni ajout du document sur les études d'environnement de juin 2014 [3.2], résume l'évaluation des impacts.

Critère	Scénario 1 <i>Priorité capacité</i>	Scénario 2 <i>Optimisé</i>	Scénario 3 <i>Priorité temps de parcours</i>	GPSO (linge nouvelle)
Coupures du territoire, délaissés, Consommation d'espaces				
Évitement des enjeux, traitements des enjeux	Aménagements en place hormis zones à 4 voies	Nécessitent des mesures en vue d'améliorer la situation existante	Nécessitent des mesures en vue d'améliorer la situation existante	Évitement des enjeux autant que possible
Nuisances acoustiques	~155 km d'écrans acoustiques et près de 500 isolations de façade	~ 160 km d'écrans acoustiques et 560 isolations de façade	~155 km d'écrans acoustiques et 650 isolations de façade	35 km de protections acoustiques et 89 isolations de façade
Habitations impactées ³⁴	~ 90 bâtis	~ 160 bâtis	~ 360 bâtis	~ 300 bâtis mais évitement des enjeux autant que possible
Acquisitions foncières	137 ha	401 ha	664 ha	3300 ha
Report modal				

	Sensibilité faible
	Sensibilité moyenne
	Sensibilité forte
	Sensibilité très forte

Tableau 11: Comparaison globale entre les scénarii d'aménagement de la ligne existante et le programme du GPSO, du point de vue de l'environnement
Source: copié de [3.2], page 35

Ce tableau reflète assez fidèlement l'opinion que se sont aussi formée les experts après analyse des dossiers d'étude auxquels ils ont eu accès. Plus particulièrement, si on se limite à la comparaison de la construction de la ligne nouvelle à l'option de requalification la plus pertinente, à savoir le scénario "Optimisé", on constate que:

- en termes d'effet de coupure, de territoires "délaissés" et de consommation d'espace, la ligne nouvelle présente un potentiel d'impacts négatifs nettement supérieur à celui de la requalification;
- la construction d'une ligne nouvelle permet par contre d'éloigner des zones bâties et urbanisées les nuisances à la population; ceci est valable non seulement pendant les travaux, mais - surtout - pendant l'exploitation de l'ouvrage;
- la construction d'une ligne nouvelle permet également de limiter au minimum la perturbation des services existants pendant la construction; elle maintient ainsi quasi inchangée la qualité de service des transports en commun pendant ce temps.

³⁴ Note de [3.2]: Impact des projets GPSO et l'aménagement de la ligne existante entre Saint-Médard et Saint-Jory, à périmètre équivalent.

8.4 Impacts sur le bâti

Un document ad hoc [14], commandité par SNCF Réseau, réalisé par Setec et livré aux experts, présente le détail de l'analyse des impacts sur le bâti (Tableau 12). Cette étude a pour mérite de circonscrire assez précisément l'effet des ripages de la voie déjà évoqués (cf. § 6.1), qui viennent se rajouter à ceux des élargissements nécessaires³⁵ ou de la construction des shunts.

Le document en question présente une analyse géographique très précise et détaillée des impacts sur le bâti des 2 scénarios RFF de requalification de la ligne existante, ainsi que des besoins en acquisition de terrains que leur réalisation engendrerait.

L'étude des impacts sur le bâti a également tenté d'en estimer les coûts correspondant à chaque scénario de requalification en recourant aux mêmes coûts unitaires que ceux utilisés pour l'étude de la ligne nouvelle, à savoir un coût moyen de 300'000 €³⁶ par bâtiment d'habitation touché, de 230'000 €³⁷ par hectare de terrain à acquérir, de 350'000 € par kilomètre de ligne nouvelle (shunts) à titre de frais pour déviation des réseaux. À ces coûts s'ajoute un montant exceptionnel de 50 millions d'euros pour acquisitions importantes dépassant les valeurs moyennes (relocalisation d'activités industrielles, indemnités pour pertes d'exploitation, fonctionnalités à reconstituer) grevant la construction du shunt de Moissac.

	Scénario 1 <i>Priorité capacité</i>	Scénario 2 <i>Optimisé</i>	Scénario 3 <i>Priorité temps de parcours</i>
Impacts:			
Foncier (nombre d'habitations)	89	161	360
- dont shunt de Langon	12	12	12
- dont shunt de Port-Sainte-Marie	-	-	42
- dont shunt de Moissac	-	48	48
Foncier (surface en ha à acquérir)	137 ha	401 ha	664 ha
- dont shunt de Langon	52 ha	52 ha	52 ha
- dont shunt de Port-Sainte-Marie	-	-	180 ha
- dont shunt de Moissac	-	200 ha	200 ha
Coût:			
Bâti ordinaire	26'611	48'139	107'640
Bâti exceptionnel	-	50'000	50'000
Acquisition de terrains	30'742	92'248	152'695
Déviation des réseaux	11'674	33'412	49'986
Coût total des impacts sur le bâti (1'000 €)	69'720	223'800	360'321

Tableau 12: Les impacts sur le bâti et les coûts qui leur sont associés en cas de réhabilitation de la ligne existante
Source des données: [14]

³⁵ Augmentation du nombre de voies justifiés soit par l'évolution prévisible du trafic, soit pour faire face à la réduction de capacité que provoque le relèvement de la vitesse de certains trains (cf. § 5.4).

³⁶ 230 k€ en moyenne, augmentés de 30% pour tenir compte de l'incertitude.

³⁷ 200 k€ en moyenne, augmentés de 15% pour tenir compte de l'incertitude; cette valeur est sensée refléter aussi la haute valeur de certaines zones touchées (vignobles AOC, terrains en zone d'urbanisation ou de ZAC, etc.).

Les experts ont pu vérifier les éléments de ce tableau (Tableau 12) à partir des données de base, avec des différences de quelques pourcent. Cette étude [14] enfin appelle de la part des experts un certain nombre de commentaires:

- il s'agit d'une étude très détaillée sur le plan géographique;
- elle est par contre très sommaire, quant à l'estimation des coûts, ce qui est conforme au stade actuel des études;
- ainsi, vu le stade actuel du dossier, cette étude n'appelle pas de remarques particulières de la part des experts, ne contenant aucun élément susceptible de susciter un étonnement quelconque des experts³⁸.

8.5 Épilogue sur les impacts

Globalement, et malgré le caractère un peu sommaire de certaines études et quelques difficultés de reconstituer de manière précise certains résultats, les experts ne sont pas en mesure de remettre en doute les conclusions des études commanditées par le maître de l'ouvrage.

³⁸ Selon des discussions non protocolées entre les experts et le maître de l'ouvrage, certains prix du foncier pourraient être revus légèrement à la baisse. Ceci, de l'avis des experts, n'est pas considéré être de nature à remettre en question l'ordre de grandeur des résultats.

9 CONCLUSIONS

9.1 Recentrer le débat sur l'enjeu

L'étude Claraco a un mérite et un défaut: le mérite de poser la vraie question et le défaut de la poser dans des mauvais termes, des termes qui détournent le débat. C'est ainsi que le débat de fond, qui n'est qu'une appréciation d'un rapport coûts / bénéfiques, a été pollué par le mirage de gains de temps irréalistes susceptibles d'être obtenus à des coûts illusoires.

La présente expertise fait un effort de débarrasser le débat de cette pollution qui tente de le détourner vers des questions techniques, liées à des contestations des gains de temps, de coût d'investissement ou d'évaluation plus ou moins précise d'impacts. Telle est tout au moins son ambition: replacer le débat sur son vrai plan, celui d'une décision de nature éminemment politique. Combien veut-on payer, pour quels bénéfiques et au prix de quels inconvénients?

La question de fond, celle qui est posée aux pouvoirs publics et *in fine* à la société, est de se prononcer entre deux améliorations de la liaison Bordeaux - Toulouse:

- la construction d'une ligne nouvelle, qui offre un saut qualitatif considérable en termes de qualité de service, et ceci pour tous les usagers, ceux du quotidien compris, mais au prix d'un investissement conséquent et un accroissement modeste des coûts d'exploitation;
- la requalification de la ligne actuelle, offrant certes une amélioration plus modeste de la qualité de service, mais pour un investissement moindre.

C'est un choix éminemment politique. Les experts déborderaient de leur rôle s'ils s'aventuraient à proposer l'un ou l'autre de ces choix.

9.2 Les bases pour une décision

Au terme de leur analyse, les experts sont en mesure de confirmer le sérieux des études réalisées sous l'égide du maître de l'ouvrage et le professionnalisme avec lequel ces études ont été menées pendant de nombreuses années. Ils se sentent aussi en mesure d'en valider l'essentiel des résultats. Il est bien évident qu'un dossier dont le volume impressionne, comme le relève également la Commission d'enquête, contient inévitablement des éléments qui peuvent être contestés dans leur détail. Il y a toujours la possibilité, en décortiquant un détail particulier, de contester la précision d'un chiffre, d'une valeur.

Or le problème n'est pas là. La question fondamentale que l'expertise s'est posée peut être formulée comme suit:

- *Peut-on baser, sans risque de se tromper, une décision purement politique d'appréciation d'un rapport coûts/avantages sur les éléments contenus dans le dossier d'étude?*

À cette question, la réponse des experts est positive, sans réticence, ni réserves.

Parmi les options possibles, l'étude GPSO constitue la référence non contestée pour la construction d'une ligne nouvelle. Les experts sont d'avis que le scénario dit "Optimisé" constitue la référence pour évaluer la pertinence de requalifier la ligne actuelle. Même si la solution technique à retenir était autre que le scénario RFF Optimisé, pour autant bien entendu que l'on

opte pour la requalification plutôt que pour la construction ligne nouvelle, ce scénario "Optimisé" définit avec suffisamment de précision le potentiel de gains et les coûts de cette opération, quelle que soit la voie qui serait finalement choisie.

La décision peut ainsi se référer à une évaluation comparative du projet de la ligne nouvelle Bordeaux - Toulouse et le scénario qualifié d'optimisé, étudié par le maître de l'ouvrage et suffisamment représentatif du coût et des bénéfices à attendre par une requalification éventuelle de la ligne actuelle.

9.3 Commentaires sur les conclusions du maître de l'ouvrage

Le document principal du dossier d'études du maître de l'ouvrage sur l'aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse [3] contient en p.46 et ss. des conclusions, reprises in extenso ici et commentées par les experts.

Conclusion RFF 1:

Aucun scénario d'aménagement de la ligne existante ne permet de rapprocher les gains de temps de parcours de ceux d'une ligne nouvelle à grande vitesse (les temps de parcours étant à calculer dans tous les cas en tenant compte des marges nécessaires pour garantir la robustesse de l'exploitation future). Au mieux l'aménagement de la ligne existante ne permet qu'un gain de 26 minutes de temps de parcours entre Bordeaux et Toulouse, à comparer à 56 minutes pour le projet de ligne nouvelle.

L'expertise valide le différentiel annoncé des gains de temps, en soulignant qu'une requalification réaliste offrirait un potentiel de gains de temps de 20 minutes plutôt que de 26.

Conclusion RFF 2:

Compte tenu des gains de temps nettement plus faibles, ces scénarios ne sont pas en situation de générer un report modal significatif sur les principales liaisons visées (Paris - Toulouse par exemple), et donc de répondre de manière effective aux objectifs visés. Ils ne permettent pas non plus de développer des liaisons « grand sud » telles que le permet le programme du GPSO.

L'expertise n'est pas en mesure de se prononcer sur le report modal. Elle peut, par contre valider la dernière phrase de cette conclusion

Conclusion RFF 3:

Les scénarios d'aménagement de la ligne existante ne permettent pas, ou de manière très limitée, de disposer de réserve de capacité de la ligne, alors que la ligne nouvelle, en créant deux voies supplémentaires sur l'intégralité du parcours d'une part et en séparant les flux les plus lents des plus rapides d'autre part, offre une capacité et une souplesse d'exploitation bien supérieure ; en terme d'exploitation ferroviaire, les travaux de réalisation de la ligne nouvelle induiront moins de perturbations sur les circulations que les travaux de reprise de la ligne existante.

Les experts partagent essentiellement le point de vue qu'exprime ici le maître de l'ouvrage.

Conclusion RFF 4:

Le coût d'aménagement sur le périmètre Bordeaux - Toulouse du scénario le plus performant (5,4 milliards d'euros valeur juin 2011) ou celui d'un scénario optimisé (4,5 milliards d'euros) sont, en ordre de grandeur, comparables à celui de la ligne à grande vitesse (6,7 milliards d'euros sur le même périmètre) pour un gain de temps plus de deux fois moindre.

L'expertise confirme ces ordres de grandeur. Elle renonce à les qualifier de "comparables" ou pas.

Conclusion RFF 5:

La ligne nouvelle à grande vitesse avec 100 millions d'euros d'aménagement par minute gagnée (et un nombre de voyageurs très supérieur) offre ainsi une réponse plus performante que l'aménagement de la ligne existante, avec un ratio de 160 millions d'euros par minute gagnée : l'effet sur la mobilité durable est ainsi bien plus fort, permettant d'atteindre des temps de parcours très performants entre Bordeaux et Toulouse. L'efficacité économique est en faveur de la ligne nouvelle.

Au-delà des calculs, qui n'appellent pas de commentaire, ceci exprime une opinion, sur laquelle les experts estiment qu'ils n'ont pas à se prononcer.

Conclusion RFF 6:

L'impact environnemental d'un aménagement de la ligne existante ne doit pas être sous-estimé. Il est différent de celui d'une ligne nouvelle. En effet, une ligne nouvelle permet d'éviter et de réduire en partie les impacts sur l'environnement du fait de la recherche du tracé de moindre impact pour son passage (milieu humain, physique et naturel en particulier) alors que l'adaptation d'une infrastructure existante conduit inévitablement à des impacts très importants sur son environnement existant. En particulier, l'impact sur le milieu humain d'un aménagement de la ligne existante visant à gagner le maximum de temps est comparable à celui de la construction d'une ligne nouvelle (360 bâtis acquis avec l'aménagement le plus conséquent de la ligne existante, existante, 160 pour le scénario optimisé, à comparer à 300 bâtis pour les 222 km de ligne nouvelle).

Les experts partagent la première partie de cette conclusion. Ils notent par contre que, parce que les impacts sont de nature différente, il n'est pas possible d'émettre une opinion neutre. Si les impacts sur bâti sont plus importants par une requalification, c'est l'inverse pour ce qui concerne l'effet de coupure des territoires, plus marqué dans le cas de construction d'une ligne nouvelle.

9.4 Temps de parcours et investissement

Les experts estiment que les gains de parcours par rapport à aujourd'hui s'élèveraient à

- 49 à 56 minutes entre Bordeaux et Toulouse, si une ligne nouvelle était construite, pour des trains avec 2 arrêts intermédiaires ou sans arrêt, respectivement;
- 19 à 20 minutes, si l'option de requalifier la ligne existante était plutôt choisie.

Les experts n'ont pas trouvé de raison permettant de contester l'ordre de grandeur des estimations du coût d'investissement:

- de 6,9 milliards d'euros (valeur 2011), si la ligne nouvelle était construite et
- de 4,6 milliards si l'on optait pour relever à 220 km/h la vitesse sur la ligne existante.

Ceci donnerait, en million d'euros, un "coût moyen" de la minute épargnée de 125 à 140 pour la ligne nouvelle, contre 230 pour la requalification de l'existante. Ce coût n'est cependant qu'un des critères³⁹ permettant de guider la décision.

Il convient de relever que, nonobstant un risque intellectuel de biais d'optimisme dans le calcul des coûts et contrairement à ce qu'une approche superficielle pourrait laisser penser, il n'est pas surprenant d'avoir un écart si faible entre une ligne nouvelle et la requalification de la

³⁹ Ce critère occulte par exemple la différence en plafond de financement nécessaire. Il ne tient pas compte non plus des effets non linéaires (gagner 30 minutes sur un trajet de 2 heures ne représente pas le même intérêt que gagner ces mêmes 30 minutes sur un trajet de 5 heures).

ligne existante. En fait, en enlevant les investissements communs aux deux options, l'écart va tout de même de 3,4 à 5,7 (rapport de 5 à 8).

L'expertise confirme enfin le bien-fondé de compter la suppression des passages à niveau dans les coûts de requalification de la ligne actuelle.

9.5 Capacité ferroviaire

SNCF Réseau prévoit au Sud de Bordeaux et au Nord de Toulouse des investissements capacitaires, à engager quel que soit le scénario (ligne nouvelle ou requalification de l'existante). L'expertise confirme le besoin de ces investissements.

Les experts n'ont pas identifié dans les différents projets d'élément ou d'action d'augmentation de la capacité qui relèveraient du superflu. Par contre, une optimisation fine des investissements en capacité reste à faire, lorsque les études seront approfondies et, surtout, les options de l'offre future précisées (tant en nombre de missions qu'en positionnement horaire).

Il faut enfin relever, d'une part, que l'augmentation de la vitesse sur la ligne existante exercerait un effet réducteur de la capacité et que, d'autre part, un système de 2 lignes parallèles "spécialisées" multiplie la capacité par un facteur largement supérieur à 2. Ces deux raisons font que, du point de vue de la capacité ferroviaire, GPSO est largement plus favorable que la requalification de la ligne existante.

9.6 La grande vitesse et les déplacements du quotidien

La grande vitesse offre la chance de favoriser un développement économique et une mobilité durable. Elle présente également des risques en termes d'équité territoriale et d'épuisement des ressources publiques au détriment du réseau classique. Toutefois, reconnaître la réalité d'un risque ne revient pas à affirmer la certitude qu'il sera réalisé.

Afin de bénéficier des avantages et de maîtriser les risques, la mise en place de liaisons à grande vitesse devrait être associée à une politique forte et pérenne de maîtrise du développement territorial. Cette politique devrait:

- favoriser la complémentarité entre TER et grande vitesse qu'une LGV rend possible;
- gérer, voire inverser par des mesures efficaces, une tendance non désirée d'accroissement de la métropolisation.

Bénéficier des chances que la grande vitesse offre et maîtriser les risques qu'elle pourrait représenter dépend de la pertinence de la politique qui accompagnera sa mise en place. L'expertise ne peut donc se prononcer de manière non ambiguë sur cette question.

9.7 Les études d'impacts

Les experts ont en effet été dans l'incapacité de trouver des éléments qui permettraient de penser que de manière involontaire ou délibérée les résultats seraient biaisés ou les conclusions seraient formulées de manière à favoriser une option politique plutôt qu'une autre.

Les experts, en accord avec le maître de l'ouvrage et avec la Commission d'enquête et les opposants à la construction d'une ligne nouvelle, constatent que l'option de construction d'une ligne nouvelle produit plus d'impacts négatifs en termes de consommation d'espace (et donc d'acquisition de terrains), d'effet de coupure et de territoires "délaissés" qu'une requalification de la ligne existante. Ils constatent par contre qu'en termes de nuisances à la population (notamment acoustiques) la balance penche en faveur de la construction d'une ligne nouvelle.

En accord avec le maître de l'ouvrage, les experts soulignent également l'importance particulière des impacts sur le bâti que produirait le choix de l'option de requalification de la ligne existante. Ces impacts sont d'une double nature: directs, bien entendu, mais indirects aussi dans la mesure où le manque d'acceptabilité des interventions en milieu bâti et urbanisé risque non seulement de retarder la réalisation de l'ouvrage, mais surtout de créer des tensions sociales profondes et persistantes.

9.8 Globalement

L'expertise a pu:

- calculer les temps de parcours et les gains de temps qui en découlent;
- valider en ordre de grandeur les coûts estimés par le maître de l'ouvrage;
- noter que, face à des impacts de nature différente, l'appréciation ne peut être que politique, car elle relève de l'adoption d'un système des valeurs; elle échappe ainsi à la compétence et à la mission des experts.

L'enjeu est d'opter pour la construction d'une ligne nouvelle entre Bordeaux et Toulouse ou pour lui préférer une requalification de la ligne existante.

Il s'agit d'un enjeu de nature éminemment politique.

Quant aux éléments techniques de la problématique, les experts estiment pour l'essentiel que les études du maître de l'ouvrage circonscrivent assez précisément les données techniques.

*

**

ANNEXE 1 RÉFÉRENCES

A1.1 Documents d'étude

Cette liste n'est pas exhaustive et ne contient pas la totalité des documents consultés par les experts. Elle se limite aux seuls documents qui pourraient être référencés dans le corps du rapport.

- [1] *Rapport de la commission d'enquête GPSO/LN*, 27 mars 2015
- [2] *Conclusions et avis de la commission d'enquête GPSO/LN*, 27 mars 2015
- [3] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse, étude annexe du Grand Projet du Sud-Ouest*, RFF, juin 2014, et notamment
 - [3.1] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Synthèse*
 - [3.2] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Études d'environnement*
 - [3.3] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Construction des scénarios*
 - [3.3.1] *Comparaison des résultats de l'étude d'aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse avec les études BTN (2004)*
 - [3.3.2] *Note d'analyse des arguments de l'étude Claraco; étude annexe du Grand Projet du Sud-Ouest*
 - [3.4] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Études d'infrastructure*
 - [3.4.1] comprenant également 5 annexes, non citées nommément ici
 - [3.5] *Aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Études d'exploitation*
- [4] *Notice Explicative, pièce D*, RFF, juin 2014, pp. 347 - 352
- [5] *Pièce F; Étude d'impact, Volume 3.4; Approche globale - Santé; Documents de planification, Coûts collectifs et bilan énergétique, Méthodes d'évaluation*; RFF, Enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, juin 2014, pp. 128-150
- [6] *Avis du CGI, Grand projet ferroviaire du Sud-Ouest (GPSO)*, Commissariat général à l'investissement, 29 avril 2014
- [7] *Contre-expertise de l'évaluation socio-économique du Grand Projet ferroviaire du Sud-Ouest*, Claude Abraham, Michel Bellier, Guillaume Lamy, Aude Rigard-Cerison, François Vielliard, réalisé sur mandat du CGI, 29 avril 2014
- [8] *Étude d'aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Synthèse des aménagements proposés par scénario*, Setec, V1 avril 2013
- [9] *Étude de l'aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Mission 3 - Annexe; Élargissement de plateforme et augmentation du nombre de voies*, Setec ferroviaire, 28 mars 2013
- [10] *Étude de l'aménagement de la ligne existante Bordeaux - Toulouse; Mission 3 - Annexe; Modification des rayons de courbure*, Setec ferroviaire, 28 mars 2013
- [11] *Modélisation des temps de parcours sur le tracé optimisé, Étape 3 du Grand projet du Sud-Ouest*, RFF, février 2013
- [12] *Analyse comparative des options de modernisation des dessertes ferroviaires sur le tronçon Bordeaux - Toulouse; Première partie*, Cabinet d'études Robert Claraco, 5 décembre 2011
- [13] *Aménagements de la ligne existante Bordeaux Toulouse; Traitement des passages à niveau*, Guillaume OLIVIER, SNCF & Setec, 26 mai 2015
- [14] *Aménagements de la ligne existante Bordeaux Toulouse; Impact foncier*, Guillaume OLIVIER, SNCF & Setec, 26 juin 2015
- [15] *LGV Bordeaux - Toulouse; Projet de ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse; Le dossier du maître d'ouvrage*, RFF, Débat public 2005

A1.2 Documents techniques - Normes & Référentiels

- [16] Fiches Renseignements techniques
 - [16.1] RT 4602 Bordeaux - St-Jean - Agen du 30.03.2007
 - [16.2] RT 4603 Agen - Montauban du 11.06.2007
 - [16.3] RT 4207 Montauban - Toulouse du 11.02.2008
- [17] Schémas d'armement (8 documents du PK 0 au PK 256)
- [18] Schémas de signalisation (14 documents au total)

- [19] *Études d'adaptation de l'infrastructure à la circulation des trains pendulaires*, Référentiel Infrastructure - Procédure, IN 2595 (EF 1 C 2), RFF / SNCF Direction générale déléguée exploitation, éd. 24 juin 2003

A1.3 Bibliographie

- [20] *L'évaluation socioéconomique des investissements publics, Rapport de la mission présidée par Émile Quinet*, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, septembre 2013
- [21] *La contre-expertise de l'évaluation socio-économique du Grand Projet (ferroviaire) Sud-Ouest (GPSO)*, Claude Abraham, *Revue générale des chemins de fer*, avril 2015
- [22] *Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie?*, Bent Flyvbjerg, Mette Skamris Holm, Søren Buhl, *Journal of the American Planning Association*, vol. 68, no. 3, June 2002, pp. 279-295
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944360208976273>
- [23] *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*, Bent Flyvbjerg, Nils Bruzelius, Werner Rothengatter, Cambridge University Press, ISBN 0-521-00946-4, Cambridge 2003
- [24] *Do Road Planners Produce More 'Honest Numbers' than Rail Planners? An Analysis of Accuracy in Road Traffic Forecasts in Cities versus Peripheral Regions*, Petter Næss, Bent Flyvbjerg, Søren Buhl, *Transport Reviews*, 26:5, 2006, pp. 537-555, DOI: 10.1080/01441640500532005
- [25] *Decision-Making on Mega-Projects: Cost-Benefit Analysis, Planning, and Innovation*, Hugo Priemus, Bent Flyvbjerg, Bert van Wee, eds., Cheltenham (UK) and Northampton (MA USA), 2008
- [26] *Cost Overruns in Large-Scale Transportation Infrastructure Projects: Explanations and Their Theoretical Embeddedness*, Bent Flyvbjerg, Chantal C. Cantarelli, Eric J. E. Molin, Bert van Wee, *European Journal of Transport Infrastructure Research*, vol. 10, no. 1, March 2010, pp. 5-18
- [27] *Characteristics of Cost Overruns for Dutch Transport Infrastructure Projects and the Importance of the Decision to Build and Project Phases*, Bent Flyvbjerg, Chantal C. Cantarelli, Eric J. E. Molin, Bert van Wee, *Transport Policy*, vol. 22, July 2012, pp. 49-56
- [28] *Accounting for the inaccuracies in demand forecasts and construction cost estimations in transport project evaluation*, Kim Bang Salling, Steen Leleur, *Transport Policy*, vol. 38, February 2015, pp. 8-18
- [29] *High speed, the change of paradigm in railway planning, and other stories*, Panos Tzieropoulos, in *Applied Transport Economics; A Management and Policy Perspective*, Eddy Van de Voorde, Thierry Vanelslander, eds., der. De Boeck Publishing, Antwerp, September 2010, ISBN 9789045532196
- [30] *Un Swissmetro au bout du tunnel ? Technologie: potentiels et effets; Synthèse partielle du Module F*, Panos Tzieropoulos, Andreas Thalmann, Daniel Emery, Robert Rivier, Programme National de Recherche 41 *Transport et Environnement: Interactions Suisse - Europe*, Lausanne, octobre 2000
- [31] *Swissmetro et la Suisse en prospective; Les incidences spatiales de la grande vitesse*, Katell Daniel, Martin Schuler, Michel Bassand, Pierre-Alain Rumley, Programme National de Recherche 41 *Transport et Environnement: Interactions Suisse - Europe*, Bern, octobre 2000
- [32] *When to Invest in High-Speed Rail*, Discussion Paper No. 2013-25, Christopher NASH, Prepared for the ITF Roundtable on *The Economics of Investment in High-Speed Rail* (18-19 December 2013, New Delhi, India), December 2013
- [33] *The Economics of Investment in High-Speed Rail*, ITF Round Tables, N° 155, OECD Publishing, Paris, 2014, DOI:10.1787/9789282107751-en
- [34] *Ride-sharing piles on the competitive pressure*, Alain Sauvant, in *Railway Gazette International*, March 2015
- [35] *Audit sur l'état du réseau ferré national français; Rapport Version 1.2*, Robert Rivier, Yves Putallaz, EPFL-LITEP, Lausanne et Paris, septembre 2005
- [36] *Systematic construction risk, cost estimation mechanism and unit price movements*, Dejan Makovšek, *Transport Policy*, vol. 35, September 2014, pp. 135-145
- [37] *Problématique de l'utilisation des trains à caisses inclinables sur une ligne existante*, Robert E. Rivier, Daniel Emery, Jean-Daniel Buri, Institut des transports et de planification, EPFL, 15 août 1997
- [38] *Étude du comportement dynamique des trains pendulaires et conséquences sur l'élaboration de nouvelles règles de conditions de circulation*, Oriol Negrell i Vila, Avril 2004, Universitat Politècnica de Catalunya
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3277/1/32049-1.pdf>

*

**

ANNEXE 2 ÉTUDES DES TEMPS DE PARCOURS

A2.1 Hypothèses et données de base

A2.1.1 Matériel roulant

Les calculs des temps de parcours réalisés par l'EPFL se sont basés sur 3 matériels roulants.

- TGV il s'agit des TGV Duplex circulant en Unité Double sous 1'500 V continu;
- ETR il s'agit des ETR460 circulant en Unité Double sous 1'500 V continu; il est supposé qu'ils développent la même puissance que sous 3'000 V continu; l'angle maximum d'inclinaison des caisses vers l'intérieur des courbes est de 8 degrés;
- TGV-P il s'agit d'un matériel hypothétique ayant les mêmes caractéristiques que le TGV Duplex en UM sous 1'500 V continu, mais doté de la capacité d'inclinaison des caisses vers l'intérieur des courbes avec un angle maximum de 4,5 degrés.

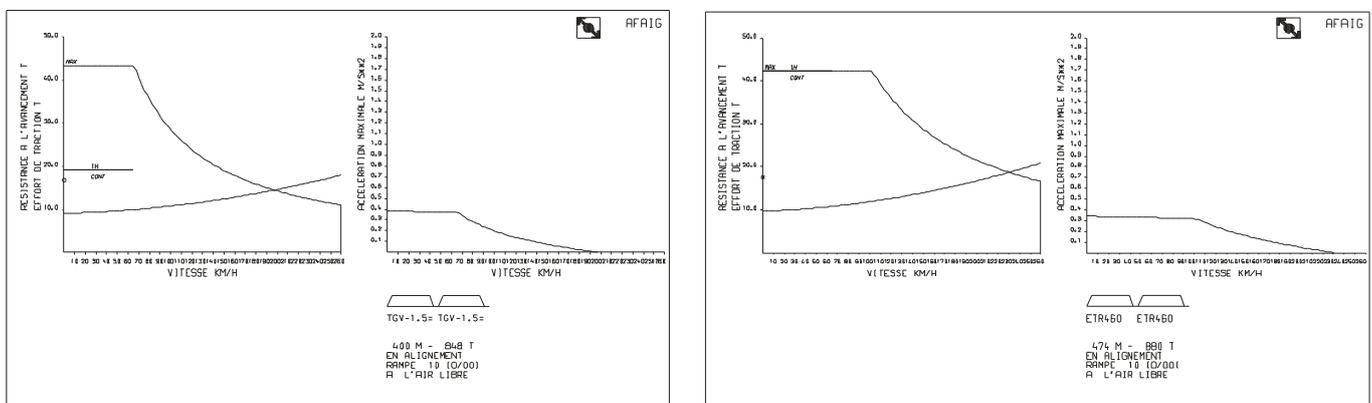


Figure 10: Caractéristiques du matériel roulant introduites dans les calculs de l'EPFL

A2.1.2 Tracés étudiés

Trois tracés ont été utilisés pour les calculs de temps de parcours:

- celui de la ligne existante sans aucune adaptation;
- celui de la ligne existante requalifiée suivant le scénario RFF "Optimisé", comprenant des augmentations de dévers, des ripages des voies, un shunt à Langon et la variante "Sud" d'un shunt à Moissac;
- un tracé conforme à celui proposé par l'étude Claraco [12], comprenant des augmentations de dévers, des ripages des voies, un shunt à Port-Ste-Marie et un shunt à Moissac; l'EPFL a supposé que les déclivités maximales des shunts ne dépassent pas 10%.

A2.1.3 Stratégies et durée d'arrêts

Quatre stratégies d'arrêts ont été appliquées: sans arrêt entre Bordeaux et Toulouse, un seul arrêt soit à Agen, soit à Montauban et deux arrêts intermédiaires à Agen et à Montauban.

La durée des arrêts intermédiaires a été admise égale à 3 minutes.

A2.1.4 Des temps techniques aux temps de l'horaire

Les calculs ont été réalisés en "marche tendue". Pour obtenir des temps utilisables dans le tracé des horaires, ces temps doivent être augmentés d'une marge de régularité et, éventuellement, d'une marge d'exploitation.

Par mesure de simplification, d'une part, et pour éviter d'entrer dans un débat sur la pertinence de l'une ou l'autre des options possibles, l'expertise a:

- renoncé d'introduire des marges d'exploitation; ceci ne devrait pas modifier les estimations de gains de temps entre scénarios;
- opté pour l'utilisation des règles actuelles de calcul des marges de régularité (4½ minutes par 100 km de ligne en ligne classique, 5% du temps de parcours en LGV), bien que les experts aient à maintes reprises questionné la pertinence de la règle adoptée pour les lignes classiques;
- estimé les marges de régularité en fonction de la longueur de la ligne actuelle, ce qui pénalise de quelques secondes les tracés Optimisé et Claraco;
- gardé la précision initiale des temps techniques calculés (au dixième de la seconde pour les temps tronçon par tronçon, à la seconde pour le temps cumulé entre 2 arrêts consécutifs) et arrondi à la minute entière supérieure les temps comprenant la marge de régularité.

A2.2 Cas calculés

Chaque cas calculé comprend le calcul de 8 marches, selon les 4 stratégies d'arrêt et selon le sens aller et retour.

Les cas de base sont au nombre de 3:

- 1) Ligne actuelle, en TGV Duplex, avec polygone actuel; c'est le cas de référence
- 2) Ligne selon scénario RFF "Optimisé", en TGV Duplex
- 3) Ligne selon Claraco [12], en TGV Duplex, avec le polygone Claraco

Deux cas supplémentaires ont été calculés en relation avec le potentiel de trains pendulaires:

- 4) Ligne actuelle, avec dévers maximaux partout, et un matériel ETR-460 (369 mm d'insuffisance de dévers totale)
- 5) Ligne actuelle, avec dévers maximaux partout, et TGV Duplex hypothétique dotée de la capacité d'inclinaison de caisse (260 mm d'insuffisance de dévers totale)

Deux cas irréalistes ont enfin été calculés pour apprécier des potentiels théoriques:

- 6) Ligne actuelle, débarrassée de toute contrainte de tracé, vitesse de 220 km/h réalisable partout, afin d'obtenir une référence du potentiel maximal de gains en "baguette magique"
- 7) Ligne selon scénario RFF "Optimisé", avec un matériel ETR-460

A2.3 Quelques résultats

A2.3.1 Calculs sur le tracé "Claraco"

RAILNET ----- 25.06.2015 .11:24 ----PAGE 1
TGV Duplex sur tracé CLARACO, arrêts à Agen et Montauban

TRONCON	TEMPS DE PARCOURS (SEC)	DUREE ARRET FIN TRONCON (SEC)	TEMPS CUMULE DE MARCHE (MIN.SEC)	TEMPS CUMULE DE PARCOURS (MIN.SEC)	COMSOMMATION D'ENERGIE (KWH)
BX -BGL	139.1	0	2.19	2.19	205.7
BGL -VOR	80.3	0	3.39	3.39	98.9
VOR -CDJ	41.8	0	4.21	4.21	90.2
CDJ -SYS	90.3	0	5.51	5.51	150.1
SYS -BIR	85.1	0	7.16	7.16	78.9
BIR -POR	38.9	0	7.55	7.55	43.3
POR -ARB	56.1	0	8.51	8.51	103.3
ARB -POD	66.8	0	9.58	9.58	110.6
POD -CGD	38.8	0	10.37	10.37	43.2
CGD -BAR	57.6	0	11.35	11.35	69.1
BAR -SLA	8.4	0	11.43	11.43	10.4
SLA -PRG	44.1	0	12.27	12.27	53.2
PRG -LG	91.6	0	13.59	13.59	79.5
LG -SLB	45.2	0	14.44	14.44	31.4
SLB -SNW	10.4	0	14.54	14.54	8.7
SNW -SPX	64.6	0	15.59	15.59	63.5
SPX -CAU	68.5	0	17.07	17.07	27.4
CAU -GIR	87.4	0	18.35	18.35	50.1
GIR -REO	100.4	0	20.15	20.15	86.0
REO -LAN	127.3	0	22.23	22.23	84.5
LAN -BZI	103.3	0	24.06	24.06	93.1
BZI -MMD	136.6	0	26.22	26.22	103.8
MMD -GON	165.6	0	29.08	29.08	272.5
GON -TON	129.8	0	31.18	31.18	150.1
TON -SOA	41.1	0	31.59	31.59	81.9
SOA -SCOC	65.5	0	33.04	33.04	77.7
SCOC-SCOD	65.5	0	34.10	34.10	77.7
SCOD-SCOE	73.6	0	35.23	35.23	87.5
SCOE-SCOF	73.6	0	36.37	36.37	87.5
SCOF-SOB	67.1	0	37.44	37.44	79.7
SOB -COL	84.7	0	39.09	39.09	65.1
COL -AN	186.3	180	42.15	45.15	51.4
AN -SNR	391.7	0	48.47	51.47	407.0
SNR -LAM	137.6	0	51.05	54.05	87.4
LAM -VAG	130.5	0	53.15	56.15	94.4
VAG -POM	78.1	0	54.33	57.33	45.2
POM -SMA	18.0	0	54.51	57.51	8.7
SMA -MSP	64.9	0	55.56	58.56	26.0
MSP -SCMC	80.5	0	57.17	60.17	173.7
SCMC-SCMD	69.9	0	58.26	61.26	150.7
SCMD-SCME	65.6	0	59.32	62.32	94.5
SCME-SCMF	65.5	0	60.38	63.38	77.7
SCMF-SMB	51.0	0	61.28	64.28	60.5
SMB -LAV	25.0	0	61.53	64.53	31.6
LAV -MBN	242.4	180	65.56	71.56	119.7
MBN -MNG	327.4	0	71.23	77.23	600.6
MNG -IPMN	41.9	0	72.05	78.05	90.3
IPMN-DIP	71.2	0	73.16	79.16	98.2
DIP -GRI	78.2	0	74.35	80.35	92.7
GRI -IPPO	39.0	0	75.14	81.14	40.9
IPPO-CDF	50.0	0	76.04	82.04	67.4
CDF -EUR	17.2	0	76.21	82.21	17.6
EUR -SJT	94.0	0	77.55	83.55	70.4
SJT -SJT	81.0	0	79.16	85.16	148.3
SJT -FEN	39.6	0	79.55	85.55	41.0
FEN -LNT	44.7	0	80.40	86.40	47.2
LNT -TLR	98.0	0	82.18	88.18	76.1
TLR -TE	103.8	0	84.02	90.02	5.1

RAILNET ----- 25.06.2015 .11:24 ----PAGE 2
TGV Duplex sur tracé CLARACO, arrêts à Agen et Montauban

TRONCON	TEMPS DE PARCOURS	DUREE ARRET	TEMPS CUMULE	TEMPS CUMULE	COMSOMMATION
DE - A	(SEC)	FIN TRONCON	DE MARCHE	DE PARCOURS	D'ENERGIE
	(SEC)	(SEC)	(MIN.SEC)	(MIN.SEC)	(KWH)
TE - TLR	114.3	0	1.54	1.54	126.0
TLR -LNT	110.2	0	3.44	3.44	237.7
LNT -FEN	45.6	0	4.30	4.30	79.3
FEN -SJT	39.6	0	5.10	5.10	32.8
SJT -SJY	78.6	0	6.28	6.28	50.8
SJY -EUR	95.0	0	8.03	8.03	77.4
EUR -CDF	19.8	0	8.23	8.23	42.8
CDF -IPPO	54.0	0	9.17	9.17	116.5
IPPO-GRI	39.6	0	9.57	9.57	82.8
GRI -DIP	78.2	0	11.15	11.15	95.0
DIP -IPMN	71.0	0	12.26	12.26	95.5
IPMN-MNG	40.0	0	13.06	13.06	48.8
MNG -MBN	272.2	180	17.38	20.38	115.8
MBN -LAV	292.2	0	22.30	25.30	541.3
LAV -SMB	26.4	0	22.57	25.57	56.9
SMB -SCMF	51.5	0	23.48	26.48	91.8
SCMF-SCME	65.5	0	24.54	27.54	77.7
SCME-SCMD	65.5	0	25.59	28.59	77.7
SCMD-SCMC	65.5	0	27.04	30.04	77.7
SCMC-MSP	69.2	0	28.14	31.14	49.2
MSP -SMA	64.9	0	29.19	32.19	44.1
SMA -POM	18.0	0	29.37	32.37	10.1
POM -VAG	78.1	0	30.55	33.55	37.5
VAG -LAM	130.5	0	33.05	36.05	47.1
LAM -SNR	137.6	0	35.23	38.23	66.7
SNR -AN	368.2	180	41.31	47.31	131.8
AN -COL	196.2	0	44.47	50.47	263.1
COL -SOB	99.8	0	46.27	52.27	215.3
SOB -SCOF	71.2	0	47.38	53.38	153.4
SCOF-SCOE	73.7	0	48.52	54.52	99.0
SCOE-SCOD	73.6	0	50.06	56.06	87.5
SCOD-SCOC	65.5	0	51.11	57.11	77.7
SCOC-SOA	65.5	0	52.16	58.16	77.7
SOA -TON	40.5	0	52.57	58.57	48.7
TON -GON	129.8	0	55.07	61.07	127.0
GON -MMD	160.8	0	57.48	63.48	149.6
MMD -BZI	136.6	0	60.04	66.04	90.9
BZI -LAN	103.3	0	61.47	67.47	57.8
LAN -REO	127.3	0	63.55	69.55	102.3
REO -GIR	100.4	0	65.35	71.35	63.2
GIR -CAU	87.4	0	67.02	73.02	79.6
CAU -SPX	68.5	0	68.11	74.11	70.2
SPX -SNW	64.6	0	69.16	75.16	28.1
SNW -SLB	10.4	0	69.26	75.26	6.0
SLB -LG	45.2	0	70.11	76.11	35.7
LG -PRG	96.6	0	71.48	77.48	155.8
PRG -SLA	45.7	0	72.34	78.34	98.6
SLA -BAR	8.4	0	72.42	78.42	17.5
BAR -CGD	57.6	0	73.40	79.40	67.6
CGD -POD	38.8	0	74.18	80.18	50.5
POD -ARB	66.2	0	75.25	81.25	85.4
ARB -POR	53.7	0	76.18	82.18	44.7
POR -BIR	38.9	0	76.57	82.57	28.6
BIR -SYS	85.1	0	78.22	84.22	82.7
SYS -CDJ	88.2	0	79.51	85.51	79.9
CDJ -VOR	37.8	0	80.28	86.28	21.9
VOR -BGL	78.2	0	81.47	87.47	39.7
BGL -BX	114.7	0	83.41	89.41	13.7

A2.3.2 Calculs sur le tracé "RFF Optimisé"

RAILNET ----- 25.06.2015 .11:24 ----PAGE 3
TGV Duplex sur tracé RFF - OPTIMISÉ, arrêts à Agen et Montauban

TRONCON DE - A	TEMPS DE PARCOURS (SEC)	DUREE ARRET FIN TRONCON (SEC)	TEMPS CUMULE DE MARCHE (MIN.SEC)	TEMPS CUMULE DE PARCOURS (MIN.SEC)	COMSOMMATION D'ENERGIE (KWH)
BX -BGL	140.1	0	2.20	2.20	207.8
BGL -VOR	80.5	0	3.41	3.41	103.4
VOR -CDJ	45.0	0	4.26	4.26	19.5
CDJ -SYS	110.2	0	6.16	6.16	60.7
SYS -BIR	94.1	0	7.50	7.50	203.0
BIR -POR	38.1	0	8.28	8.28	82.2
POR -ARB	53.3	0	9.21	9.21	114.9
ARB -POD	66.2	0	10.28	10.28	74.1
POD -CGD	38.8	0	11.06	11.06	43.2
CGD -BAR	57.6	0	12.04	12.04	69.1
BAR -SLA	8.4	0	12.12	12.12	10.4
SLA -SLC	65.5	0	13.18	13.18	79.4
SLC -SLB	97.6	0	14.56	14.56	118.1
SLB -SNW	8.5	0	15.04	15.04	11.5
SNW -SPX	52.8	0	15.57	15.57	80.8
SPX -CAU	58.7	0	16.56	16.56	28.2
CAU -GIR	90.7	0	18.26	18.26	80.7
GIR -REO	100.4	0	20.07	20.07	86.0
REO -LAN	125.8	0	22.13	22.13	122.2
LAN -BZI	97.8	0	23.50	23.50	99.6
BZI -MMD	118.7	0	25.49	25.49	248.2
MMD -GON	152.5	0	28.22	28.22	183.9
GON -TON	123.9	0	30.25	30.25	160.9
TON -SOA	40.4	0	31.06	31.06	42.6
SOA -AIN	206.4	0	34.32	34.32	174.4
AIN -PSM	165.2	0	37.17	37.17	214.4
PSM -SOB	173.6	0	40.11	40.11	314.0
SOB -COL	79.6	0	41.31	41.31	109.7
COL -AN	167.0	180	44.18	47.18	36.7
AN -SNR	382.0	0	50.40	53.40	415.9
SNR -LAM	139.8	0	52.60	55.60	113.5
LAM -VAG	114.4	0	54.54	57.54	246.7
VAG -POM	60.3	0	55.54	58.54	129.9
POM -SMA	13.3	0	56.08	59.08	28.7
SMA -SMC	196.4	0	59.24	62.24	275.0
SMC -SMB	207.6	0	62.52	65.52	403.7
SMB -LAV	25.0	0	63.17	66.17	43.4
LAV -MBN	236.7	180	67.13	73.13	120.5
MBN -MNG	321.6	0	72.35	78.35	611.6
MNG -IPMN	42.0	0	73.17	79.17	90.6
IPMN-DIP	71.3	0	74.28	80.28	101.3
DIP -GRI	78.2	0	75.46	81.46	92.7
GRI -IPPO	39.0	0	76.25	82.25	40.9
IPPO-CDF	50.0	0	77.15	83.15	62.3
CDF -EUR	19.8	0	77.35	83.35	0.0
EUR -SJY	120.7	0	79.36	85.36	137.9
SJY -SJT	95.4	0	81.11	87.11	61.9
SJT -FEN	49.5	0	82.01	88.01	30.2
FEN -LNT	55.9	0	82.57	88.57	35.0
LNT -TLR	111.6	0	84.48	90.48	76.7
TLR -TE	130.8	0	86.59	92.59	6.6

RAILNET ----- 25.06.2015 .11:24 ----PAGE 4
TGV Duplex sur tracé RFF - OPTIMISÉ, arrêts à Agen et Montauban

TRONCON	TEMPS DE PARCOURS	DUREE ARRET	TEMPS CUMULE	TEMPS CUMULE	COMSOMMATION
DE - A	(SEC)	FIN TRONCON	DE MARCHE	DE PARCOURS	D'ENERGIE
		(SEC)	(MIN.SEC)	(MIN.SEC)	(KWH)
TE -TLR	143.0	0	2.23	2.23	115.3
TLR -LNT	117.1	0	4.20	4.20	156.4
LNT -FEN	55.9	0	5.16	5.16	24.8
FEN -SJT	49.5	0	6.06	6.06	22.0
SJT -SJY	95.4	0	7.41	7.41	39.4
SJY -EUR	119.2	0	9.40	9.40	67.0
EUR -CDF	25.1	0	10.05	10.05	54.1
CDF -IPPO	63.3	0	11.09	11.09	136.5
IPPO-GRI	44.0	0	11.52	11.52	94.8
GRI -DIP	81.2	0	13.14	13.14	165.8
DIP -IPMN	71.0	0	14.25	14.25	95.5
IPMN-MNG	40.0	0	15.05	15.05	48.8
MNG -MBN	265.3	180	19.30	22.30	116.7
MBN -LAV	287.6	0	24.18	27.18	552.3
LAV -SMB	26.4	0	24.44	27.44	57.0
SMB -SMC	205.3	0	28.09	31.09	117.4
SMC -SMA	196.4	0	31.26	34.26	213.9
SMA -POM	13.1	0	31.39	34.39	16.3
POM -VAG	56.8	0	32.36	35.36	64.2
VAG -LAM	98.7	0	34.14	37.14	63.7
LAM -SNR	139.8	0	36.34	39.34	93.2
SNR -AN	361.5	180	42.35	48.35	132.7
AN -COL	188.9	0	45.44	51.44	342.3
COL -SOB	91.7	0	47.16	53.16	197.7
SOB -PSM	165.3	0	50.01	56.01	207.9
PSM -AIN	162.2	0	52.43	58.43	96.8
AIN -SOA	216.9	0	56.20	62.20	264.1
SOA -TON	45.8	0	57.06	63.06	98.8
TON -GON	127.1	0	59.13	65.13	213.5
GON -MMD	152.5	0	61.46	67.46	178.9
MMD -BZI	112.7	0	63.39	69.39	112.8
BZI -LAN	97.8	0	65.16	71.16	64.2
LAN -REO	125.2	0	67.22	73.22	101.4
REO -GIR	100.4	0	69.02	75.02	63.2
GIR -CAU	90.3	0	70.32	76.32	71.8
CAU -SPX	68.1	0	71.40	77.40	146.7
SPX -SNW	57.1	0	72.37	78.37	123.0
SNW -SLB	8.8	0	72.46	78.46	18.9
SLB -SLC	97.8	0	74.24	80.24	135.1
SLC -SLA	65.5	0	75.29	81.29	79.4
SLA -BAR	8.4	0	75.38	81.38	9.6
BAR -CGD	57.6	0	76.35	82.35	67.6
CGD -POD	38.8	0	77.14	83.14	50.5
POD -ARB	66.2	0	78.20	84.20	85.4
ARB -POR	51.7	0	79.12	85.12	53.4
POR -BIR	35.4	0	79.47	85.47	34.7
BIR -SYS	81.1	0	81.09	87.09	59.8
SYS -CDJ	110.3	0	82.59	88.59	55.9
CDJ -VOR	44.9	0	83.44	89.44	37.1
VOR -BGL	78.2	0	85.02	91.02	39.7
BGL -BX	114.7	0	86.57	92.57	13.7

*

**