

**Centre de Nantes**  
Route de Bouaye  
CS4  
44344 Bouguenais Cedex

Site Web : [www.ifsttar.fr](http://www.ifsttar.fr)

**Département**  
*Infrastructures et mobilité*

# Compte-rendu des expérimentations sur LGV Rhin-Rhône

*Partenariat RFF - Ifsttar*

Livrable 1.6

*Établissement public  
à caractère scientifique  
et technologique*



Système de management de la qualité  
certifié sous le n° 2230-0 pour les  
sites de Paris, Nantes et Satory (LIVIC)

**Champs-sur-Marne (siège)**  
Cité Descartes  
Boulevard Newton  
77420 Champs-sur-Marne

**Paris**

**Marne-la-Vallée**

**Satory-Versailles**

**Lille-Villeneuve d'Ascq**

**Lyon-Bron**

**Marseille-Salon de Provence**

**Rapport du :**

19 septembre 2012

**Auteurs :**

**Pierre-Olivier Vandanjon**  
Alex Coiret  
Tristan Lorino  
Agnès Jullien  
Romain Bosquet

**Nomenclature d'activité :**

13W09201

**Confidentialité :**

Confidentiel

## IDENTIFICATION

TYPE	Rapport de recherche
TITRE	Compte-rendu des expérimentations
CONFIDENTIALITÉ	Liée à celle du contrat RFF « Améliorer l'efficacité énergie-carbone des investissements »

## VALIDATION

ORGANISATION	NOM	RÔLE	DATE ET VISA
RFF	Olivier Cazier	Partenaire industriel	

## DISTRIBUTION

ORGANISATION	DATE	REMARQUES
RFF	19 septembre 2012	version électronique 2.0 et 1 version papier
Ifsttar	19 septembre 2012	version électronique 2.0 et 1 version papier

## SUIVI DES MODIFICATIONS

VERSION	DATE	RAISONS
2.0	19 septembre 2012	Première version pour recueil des avis

# Table des matières

Liste des figures et tableaux . . . . .	5
Abréviations . . . . .	7
<b>1 Introduction générale</b>	<b>9</b>
<b>2 Présentation de l'expérimentation LGV</b>	<b>11</b>
2.1 Contexte . . . . .	11
2.2 Campagnes de mesures . . . . .	11
2.2.1 Présentation de la LGV Rhin-Rhône . . . . .	11
2.2.2 Matériel roulant . . . . .	12
2.3 Instrumentation . . . . .	15
2.3.1 Mesures énergétiques . . . . .	16
2.3.2 Mesures dynamiques (accélérations) . . . . .	17
2.3.3 Données météorologiques . . . . .	18
2.3.4 Estimation de la charge . . . . .	18
2.3.5 Géométrie de la voie . . . . .	18
2.3.6 Récapitulatif . . . . .	19
<b>3 Présentation des relevés météorologiques et de leurs traitements</b>	<b>21</b>
3.1 Acquisition de données complémentaires (météorologie)	21
3.2 Réponses à l'appel d'offre . . . . .	22
3.2.1 Offre du CSTB . . . . .	22
3.2.2 Offre de FluXYZ . . . . .	22
3.2.3 Offre de Meteodyn . . . . .	23
3.2.4 Offre d'Andheo . . . . .	23
3.3 Organisation du travail . . . . .	23
<b>4 Résultats</b>	<b>25</b>
4.1 Elaboration du Modèle de consommation . . . . .	25
4.1.1 Modèle mécanique . . . . .	25
4.1.2 Modèle électrique . . . . .	27
4.1.3 Estimation des éléments du modèle . . . . .	28
4.2 Analyse . . . . .	32
4.2.1 Analyse Micro . . . . .	32
4.2.2 Analyse Macro . . . . .	33

<b>5</b>	<b>Valorisation du modèle de consommation : communication au CETRA 2012</b>	<b>35</b>
5.1	Quelques présentations remarquables . . . . .	36
5.1.1	Problème de l'innovation dans le monde ferroviaire européen . . . . .	36
5.1.2	Comparaison du paiement par les utilisateurs des infrastructures en Europe . . . . .	36
5.1.3	Impacts des infrastructures sur le développement économique . . . . .	36
5.1.4	Ingénierie de la route sur sa durée de vie ou Eco-conception . . . . .	36
5.1.5	Aide à la décision . . . . .	37
5.1.6	Processus de décision . . . . .	37
5.1.7	Contrat basé sur les performances . . . . .	37
5.1.8	Consommation des trains . . . . .	37
5.1.9	Choix entre différentes variantes ferroviaires . . . . .	38
5.1.10	Utilisation de simulation pour la planification d'infrastructure . . . . .	38
5.1.11	Le ferroviaire pour éviter les bouchons routiers . . . . .	38
5.1.12	Le cas des transitions . . . . .	38
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Annexe 1 : exploitation des mesures météo</b>	<b>41</b>
7.1	Cahier des charges pour l'étude aérodynamique . . . . .	41
7.2	Vérification préliminaire des données d'une station . . . . .	46
7.3	Proposition retenue (entreprise Andheo) . . . . .	48
7.4	Proposition de l'entreprise Meteodyn . . . . .	61
7.5	Proposition du centre CSTB . . . . .	70
7.6	Proposition de l'entreprise Fluxyz . . . . .	76
<b>8</b>	<b>Annexe 2 : publications des résultats acquis</b>	<b>91</b>
8.1	Communication au 2nd congrès mondial Route-Rail (CETRA 2012) . . . . .	91
8.2	Article soumis à la revue Transportation Research Part D : Transport and Environment . . . . .	99
8.3	Article présenté au congrès 2012 International Symposium on Life Cycle Assessment and Construction . . . . .	114

# Table des figures et tableaux

## Figures

2.1	Ligne LGV en construction . . . . .	12
2.2	Rame 707 Dasye . . . . .	12
2.3	Effort disponible . . . . .	13
2.4	Pente maximale . . . . .	14
2.5	Laboratoire LGV RR . . . . .	16
2.6	Points de mesures de la rame d'essais . . . . .	18
4.1	Diagramme de Bode d'un filtre passe bas de Butterworth d'ordre 6 . . . . .	30
4.2	Diagramme de Bode du filtre estimateur de l'accélération à partir de la vitesse . . . . .	30
4.3	Estimation de la puissance consommée sur une portion d'itinéraire . . . . .	32

## Tableaux

2.1	Caractéristiques techniques . . . . .	15
2.2	Marches d'essais initiées par Inexia. . . . .	19
4.1	Coefficients du modèle . . . . .	32



# Abréviations

AEF	Agence d'essais ferroviaires
daN	Décanewton (10 N)
EASE	Environnement, Acoustique, Sécurité et Eco-conception
ERTMS	<i>European Rail Traffic Management System</i>
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>
IGLE	Laboratoire d'essais électriques
Infra	Infrastructure
kN	Kilonewton ( $10^3$ N)
kHz	Kilohertz ( $10^3$ Hz)
LGV	Ligne à grande vitesse
LGV RR	Ligne à grande vitesse Rhin-Rhône
min	Minute
MOE	Maître d'œuvre
MR	Matériel roulant
N	Newton
NP	Nombre de motrices
NT	Nombre de voitures tractées
PK	Point kilométrique
POS	<i>Paris - Ost Frankreich - Süddeutschland</i>
RR	Rhin-Rhône
s	Seconde
t	Tonne
TGV	Train à grande vitesse
U.R	Unité de Recherche
UTC	Temps universel coordonné ( <i>Coordinated universal time</i> )





# 1. Introduction générale

---

L'équipe d'éco-conception de l'U.R. Ease dont nous faisons partie, à l'Ifsttar, a été constituée autour de l'objectif général de fournir une méthodologie d'évaluation des infrastructures de transport vis-à-vis des consommations d'énergie, tout en prenant en compte d'autres critères tels que sécurité et mobilité.

Les infrastructures routières et ferroviaires sont à la fois visées par cet objectif, et plus particulièrement pour l'énergie d'usage qui leur est liée (la consommation des véhicules qui y circulent), tout en ayant en comparaison les énergie de construction et d'entretien (une autre équipe d'Ease y travaille en complément).

La modélisation de cette consommation par la circulation des véhicules, au niveau de ces véhicules, de l'infrastructure et de l'organisation de la circulation comprend des paramètres tels que : la géométrie de l'infrastructure (pentes, virages), les aménagements (points singuliers, intersections, itinéraires alternatifs), les polices d'exploitation, la gestion du trafic, ...

Pratiquement l'équipe d'éco-conception a visé l'encadrement de deux thèses complémentaires pour étudier les consommations d'usage respectivement des infrastructures routières et ferroviaires.

Pour la partie ferroviaire, Romain Bosquet a commencé sa thèse cadre RFF-Ifsttar en juillet 2011, après avoir effectué un CDD préparatoire de 6 mois sur contrat RFF. Des collaborations sont fortement engagées avec le GRETTIA, le LTN (Hugues Chollet, Bogdan Vulturescu) et l'Ecole Centrale de Nantes (directeur de thèse Maxime Gautier). Ces études s'effectuent dans le cadre d'un partenariat de recherche entre l'Ifsttar et RFF sur l'efficacité énergétique des investissements ferroviaire. Ce rapport est un des livrables prévus dans ce partenariat.

Ce rapport vise à présenter les résultats liés aux expérimentations de réception de la LGV Rhin-Rhône. Ces expérimentations constituent des données principales pour la thèse de Romain Bosquet.

Nous avons profité de ces essais de réception quitte à bousculer le planning initial du partenariat de recherche entre l'Ifsttar et RFF. Par exemple, le précédent livrable, qui était le plan d'expérience, a été publié après que les expériences aient eu lieu. En pratique, il contenait donc des informations qui porte sur les expérimentations réalisées qui auraient du être présentées dans ce livrable sur le compte rendu des expérimentations. Plutôt que de nous attacher à une interprétation stricte du partenariat, ce qui nous aurait amené à nous

limiter à présenter le précédent rapport avec quelques améliorations, nous avons préféré présenter un rapport qui est un état des lieux du travail effectué sur ce sujet. Ce rapport fait donc le point sur :

- la réalisation de l'expérimentation LGV à l'échelle 1 et l'obtention de données des MOE en lien avec cette expérimentation ;
- l'exploitation des résultats de mesures via la collecte de différentes données périphériques à cette expérimentation dont la météo ;
- la diffusion des travaux sur l'expérimentation ;
- le positionnement des travaux à l'international via l'analyse des résultats d'autres chercheurs et retour sur des avis d'experts dans le domaine en général ;
- l'articulation entre la phase construction et entretien avec l'usage ;

Le plan d'essais est tout d'abord rappelé, ainsi que l'obtention des données des MOE en lien avec la mission 2 du partenariat de recherche RFF/Ifsttar. Les travaux en cours sur l'acquisition de données supplémentaires auprès de météo-france et leur traitement avec une société spécialisée sont ensuite détaillés. L'exploitation des mesures fait l'objet d'un chapitre, incluant la description des modèles associées dans l'optique de permettre, à terme, une optimisation de la géométrie de la ligne. Enfin les premières valorisations et diffusions de ces travaux sont discutées et jointes à ce rapport à ce rapport. La première annexes présente la démarche adoptée pour compléter les mesures LGV par des données météo. L'annexe 2 présente l'effort de diffusion des résultats acquis et validés par RFF.