

Centre de Nantes
Route de Bouaye
CS4
44344 Bouguenais Cedex

Site Web : www.ifsttar.fr

Département
Infrastructures et mobilité

PLAN D'EXPÉRIENCES

Partenariat RFF - Ifsttar

Livrable 1.5

*Établissement public
à caractère scientifique
et technologique*



Systeme de management de la qualite
certifie sous le n° 9915173 pour les
sites de Paris et de Nantes

Paris (siège)
58, Boulevard Lefebvre
75732 Paris Cedex 15

Marne-la-Vallée

Satory-Versailles

Rapport établi le : 15 décembre 2011

Auteurs : **Tristan Lorino**
Romain Bosquet
Alex Coiret
Jean-Marie Prual
Pierre-Olivier Vandanjon

Nomenclature d'activité : 13W09201
Confidentialité : Confidentiel

IDENTIFICATION

TYPE	Rapport de recherche
TITRE	Plan d'expériences
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	14/10/11	version électronique 1.0
Ifsttar	14/10/11	version électronique 1.0
RFF	15/12/11	version électronique 2.0 et deux versions papier
Ifsttar	15/12/11	version électronique 2.0 et une version papier

SUIVI DES MODIFICATIONS

VERSION	DATE	RAISONS
1.0	14/10/11	Première version pour recueil des remarques
2.0	15/12/11	Seconde version pour validation après prises en compte des remarques de E. Labarthe (RFF)

Table des matières

Liste des figures et tableaux	5
Abréviations	7
1 Introduction	9
1.1 Rappel des objectifs de l'étude	10
1.2 Rappel de l'objectif du présent livrable	13
2 Plan d'expériences théorique	15
2.1 Introduction	15
2.2 Facteurs liés à l'adhérence	16
2.3 Facteurs liés à l'aérodynamisme	16
2.4 Facteurs propres à l'infrastructure	17
2.5 Facteurs propres au matériel roulant	17
2.6 Facteurs liés au mesurage	17
2.7 Plan d'expériences initialement prévu	18
3 Campagnes de mesures	21
3.1 Présentation de la LGV Rhin-Rhône	21
3.2 Matériel roulant	24
3.3 Contribution de RFF	28
3.3.1 Mesures énergétiques	28
3.3.2 Mesures dynamiques (accélérations)	29
3.3.3 Données météorologiques	30
3.3.4 Estimation de la charge	31
3.3.5 Géométrie de la voie	31
3.3.6 Récapitulatif	31
3.4 Contribution de l'Ifsttar	31
3.4.1 Mesures dynamiques	31
3.4.2 Données météorologiques	32
3.5 Impacts sur le plan d'expérience théorique	33
4 Illustration de l'exploitation des mesures	35
4.1 Présentation des données	35
4.2 Analyse spectrale des données dynamiques	40
4.3 Comparaison entre mesures dynamiques et accélérations théoriques	41
5 Conclusion	45

Glossaire

47

Table des figures et tableaux

Figures

3.1	Ligne LGV en construction	21
3.2	Caractéristiques géométriques détaillées	22
3.3	Zones stratégiques de la LGV RR	23
3.4	Rame 707 Dasye	24
3.5	Effort disponible	25
3.6	Pente maximale	25
3.7	Laboratoire LGV RR	28
3.8	Points de mesures de la rame d'essais	30
3.9	Détail accéléromètre	32
4.1	GPS et vitesse	36
4.2	Accélération longitudinale	37
4.3	Accélération transversale	37
4.4	Accélération verticale	38
4.5	Roulis	38
4.6	Tangage	39
4.7	Lacet	39
4.8	Accéléromètre transversal	40
4.9	Accéléromètre vertical	40
4.10	Données brutes d'accélération	41
4.11	Accélération latérale après filtrage	42
4.12	Accélération verticale après filtrage	43

Tableaux

1.1	Coefficients du modèle Rochard (2000)	12
2.1	Essais à vitesse constante	18
2.2	Essais à décélération naturelle	19
3.1	Caractéristiques techniques	27
3.2	Marches d'essais initiées par Inexia.	31

Abréviations

AEF	Agence d'essais ferroviaires
daN	Décanewton (10 N)
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)
LGV	Ligne à grande vitesse
LGV RR	Ligne à grande vitesse Rhin-Rhône
min	Minute
MR	Matériel roulant
N	Newton ($1\text{ N} = 1\text{ kg.m}^2/\text{s}^{-2}$)
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
UTC	Temps universel coordonné (<i>Coordinated universal time</i>)

1. Introduction

Ce rapport est un livrable de l'Ifsttar à destination de RFF, dans le cadre de leur partenariat commun de recherche intitulé « Améliorer l'efficacité énergie-carbone des investissements ». Ce contrat vise à effectuer des recherches sur l'impact énergétique du tracé ferroviaire. L'objectif est de concevoir des outils permettant de prendre en compte le coût énergétique des différentes étapes du cycle de vie : la construction de l'infrastructure, l'exploitation et la maintenance.

La présente recherche vise à proposer des modifications du référentiel de conception et d'exploitation des LGV et des lignes principales du réseau ferré national, en vue d'améliorer leur efficacité énergétique et le bilan des émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie des infrastructures ferroviaires.

Il s'agit de faire évoluer la conception technique des projets, en particulier leur géométrie (profil, courbe...), l'organisation des travaux et les modes d'exploitation.

Parmi les moyens mobilisés, une thèse est entreprise pour étudier plus spécifiquement l'énergétique liée à la phase d'usage des réseaux ferrés, en considérant aussi les phases de conception et d'entretien. Pour évaluer la phase d'usage, nous devons construire un modèle de consommation qui doit être confronté à des données réelles. Dans le déroulement du partenariat de recherche, ce document a pour objectif initial de proposer un plan d'expériences qui permette de caractériser un modèle de consommation.

Les marches d'essai de la ligne à grande vitesse Rhin-Rhône (LGV RR) « branche est » ont été réalisées durant les mois de juin, juillet et septembre 2011. Ces essais sont paradoxalement antérieurs à ce plan d'expérience. Nous n'avons pas pu modifier les essais programmés pour ces marches d'essais. En revanche, nous sommes intervenus auprès de RFF en tant que conseiller technique afin que les sous-traitants de RFF pour la réalisation de ces marches d'essais nous fournissent des mesures qui puissent alimenter le travail de recherche et notamment la thèse.

Après ce chapitre d'introduction, le plan d'expérience théorique est présenté car celui-ci permet de recenser les facteurs qui interviennent dans la consommation d'énergie. Le chapitre suivant détaille la campagne de mesure prévue, notamment les points singuliers de la ligne vis-à-vis de la consommation d'énergie. Une grande partie des essais correspondants ont été réalisés par RFF avec Inexia comme

Ifsttar : Institut français des sciences et technologies des transports de l'aménagement et des réseaux

RFF : Réseau ferré de France

Inexia : filiale d'ingénierie (en société anonyme) du groupe SNCF, créée en 2006, ayant vocation à reprendre les activités d'ingénierie de la SNCF sur le marché concurrentiel et à les développer.