



Quel avenir pour l'exploitation ferroviaire en 2050?

Définition d'une vision cible de la gestion opérationnelle des circulations



Guillaume Ficat-Andrieu

Master 2 Transports Urbains et Régionaux de Personnes
Université Lumière Lyon 2, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion
Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat
Organisme de stage : ARCADIS

Mémoire soutenu le 14/09/2010



"Demain est moins à découvrir qu'à inventer."

Gaston Berger

Citation extraite de "*Phénoménologie du temps et prospective*"
Presses Universitaires Françaises, Paris, 1964

FICHE BIBLIOGRAPHIQUE

[Intitulé du diplôme]

Master Professionnel Transports Urbains et Régionaux de Personnes (TURP)

[Tutelles]

Université Lumière Lyon 2
Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)

[Titre]

Quel avenir pour l'exploitation ferroviaire en 2050 ?

[Sous-titre]

Définition d'une vision cible de la gestion opérationnelle des circulations

[Auteur]

Guillaume FICAT-ANDRIEU

[Membres du Jury (nom et affiliation)]

Patrick BONNEL (président du jury, LET/ENTPE)
Christian DESMARIS (expert, Université Lumière Lyon 2/LET)
Mathias DUFRESNE (maître de stage, ARCADIS)

[Nom et adresse du lieu du stage]

ARCADIS
9, avenue Réaumur 92354 Le Plessis-Robinson Cedex

[Résumé]

Ouverture à la concurrence, cadencement, mise en œuvre de nouvelles technologies (ERTMS, GSM-R), projet de Commande Centralisé de Réseau, le Réseau Ferré National va connaître de multiples bouleversements qui vont inéluctablement impacter l'exploitation ferroviaire de demain.

Réseau Ferré de France souhaite obtenir une vision 2050 de l'exploitation ferroviaire, en rupture avec l'existant et affranchie des contraintes techniques. Le projet de recherche « Rôles et missions des fonctions Circulations et Régulation de demain », commandité par RFF à ARCADIS, s'intéresse principalement à la gestion opérationnelle des circulations, c'est-à-dire à la régulation des circulations en temps réel et à la construction des itinéraires.

Sur la base d'un état des lieux du système actuel, la vision cible 2050 sera établie sur la base des dysfonctionnements observés suite à l'analyse du système actuel, des impacts des évolutions futures et des besoins à venir, des expériences étrangères dans le domaine, ainsi que l'expertise du Groupe ARCADIS sur des thématiques spécifiques. La vision cible sera traitée à travers six composantes principales : organisation générale, équipements et ergonomie, outils de commande et de contrôle, gestion des ressources humaines, information et communication et sécurité.

[Mots clés]

Exploitation ferroviaire, régulation, aiguillage, gestion opérationnelle des circulations, Commande Centralisée de Réseau, horizon 2050, système de commande et de contrôle, agents-circulations, direction des circulations ferroviaires

Diffusion :

- papier : [oui/non]
- électronique : [oui/non]

[Date de publication]

Septembre 2010

[Nombre de pages]

75

[Bibliographie]

21

PUBLICATION DATA FORM

[Entitled of Diploma]

Master Degree Diploma in Urban and Regional Passenger Transport Studies

[Supervision by authorities]

Université Lumière Lyon 2
Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)

[Title]

What future for railway operations control in 2050?

[Subtitle]

Conception of switching and traffic control future vision's

[Author]

Guillaume FICAT-ANDRIEU

[Members of the Jury (name and affiliation)]

Patrick BONNEL (president of the jury, LET/ENTPE)
Christian DESMARIS (expert, Université Lumière Lyon 2/LET)
Mathias DUFRESNE (supervising teacher, ARCADIS)

[Place of training]

ARCADIS
9, avenue Réaumur 92354 Le Plessis-Robinson Cedex FRANCE

[Summary]

International traffic increase, free competition for passenger's traffic, BIT (Basic Interval timetable), implementation of new signalling technologies (ERTMS, GSM-R), centralised command project, the French railway network will get through a lot of evolutions which will change operations control in the future.

RFF has entrusted ARCADIS the mission to get a 2050 vision of operations control, breaking with the present system and free from technical constraints. This research project deals with switching and traffic control.

2050 vision will be based on present system diagnostic and limits, future evolutions and needs of the network, foreign experiences the knowledge of ARCADIS group and its expertise in some specific field. Operations control will be tackled by six aspects: organization, equipments and ergonomics, control and command tool, human resources management, information/communication, and security.

[Key Words]

Operations control, Switch, Traffic control, 2050 vision, switch, ergonomics, control and command tool, technologies implementation, signaling, operator, railway traffic management

Distribution statement :

- Paper : [yes / ñø]
- Electronic : [yes / ñø]

[Publication date]

September 2010

[Nb of pages]

75

[Bibliography]

21

SOMMAIRE

Remerciements	9
Préambule	11
Introduction	13
Partie I : Les fondements de la vision cible	15
1 Le contexte actuel	17
1.1 Les éléments de cadrage	17
1.2 L'organisation de la gestion opérationnelles des circulations	19
1.3 Les acteurs de la gestion opérationnelle des circulations	22
1.4 La gestion des incidents et la gestion de crise	26
1.5 Les équipements et l'ergonomie	27
1.6 Les outils de commande et de contrôle	28
2 Les coups partis et les évolutions à venir sur le RFN	30
2.1 Le développement des circulations internationales et l'ouverture à la concurrence	30
2.2 La mise en place progressive du cadencement	30
2.3 L'avenir des partenariats public-privé	31
2.4 L'apparition des nouvelles technologies	31
2.5 L'avenir du fret ferroviaire	34
2.6 La multiplication des Gestionnaires d'Infrastructures	34
3 Les dysfonctionnements observés	35
3.1 Une organisation non optimale	35
3.2 Une gestion des ressources humaines perfectible	35
3.3 Une pléthore d'outils de commande et de contrôle	36
3.4 L'hétérogénéité des systèmes	36
Partie II : L'élaboration de la vision cible	39
1 La conception de la vision cible	41
1.1 L'esprit général	41
1.2 La démarche	41
1.3 Les six composantes de la vision cible	41
1.4 Le paysage ferroviaire envisagé à l'horizon 2050	42
2 Les expériences européennes	43
2.1 Les Pays Bas	43
2.2 La Suisse	46
2.3 L'Allemagne	47
3 La définition de la vision cible 2050	49
3.1 L'organisation générale	49
3.2 Les équipements et l'ergonomie	51
3.3 Les outils de commande et de contrôle	53
3.4 La gestion des ressources humaines	54
3.5 L'information et la communication	55
3.6 La mission sécurité	58
Bilan et perspectives	59
Glossaire	63
bibliographie	65
Table des matières	67
Table des illustrations	69
Annexes	70

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier Mathias Dufresne, chargé d'affaires et coordinateur du pôle études amont d'ARCADIS, pour m'avoir fait confiance en m'intégrant au sein de son équipe et en me confiant la responsabilité de la conduite du projet de recherche pour RFF.

Je tenais également à remercier Jacob Pinto, ingénieur sénior, avec qui j'ai eu l'occasion de collaborer sur plusieurs projets. Son expérience et ses regards avisés m'auront guidé tout au long de cette étude.

Je remercie ensuite l'ensemble de l'équipe du 21B : les titulaires, les stagiaires ainsi que les intervenants extérieurs. Leur accueil et leur bonne humeur au quotidien auront largement contribué à mon intégration au sein de l'entreprise et au bon déroulement de ce stage.

Je remercie enfin les collaborateurs d'ARCADIS Pays-Bas et notamment Luc Schuur pour m'avoir fait bénéficier de leur expérience et de leur expertise dans des thématiques spécifiques.

Je n'oublie pas mes parents qui m'auront toujours accompagné dans mes choix ainsi qu'Astrid pour son soutien au quotidien.

Pour terminer, je tenais à adresser ma reconnaissance à l'ensemble des enseignants et des intervenants de la formation TURP, et plus particulièrement à Patrick Bonnel, directeur de la formation, et Bruno Faivre d'Arcier, pour la qualité et la densité de l'enseignement dispensé, en totale adéquation avec les attentes du monde professionnel.

PREAMBULE

Le présent rapport constitue mon mémoire de stage de fin d'étude, pour l'obtention du diplôme du Master 2 Professionnel TURP (Transports Urbains et Régionaux de Personnes) de l'Université Lyon 2 et de l'ENTPE. Il est le fruit de six mois passés au sein du service infrastructures & transports, pôle études amont, d'ARCADIS.

Présentation de la société ARCADIS

ARCADIS est un groupe international qui fournit des prestations de conseil, de conception, d'ingénierie, d'aménagement du territoire, d'architecture et de gestion de projets. La société est active dans trois secteurs : infrastructure, bâtiment et environnement. Comptant environ 15 000 collaborateurs, ARCADIS est présente sur le continent européen mais également en Amérique. En France, ARCADIS est une société de 650 personnes réparties au sein de 10 agences régionales.

Intervention d'ARCADIS dans le domaine des transports urbains et ferroviaires

ARCADIS est spécialisée dans les problématiques de transports ferroviaire et urbain, et couvre toutes les composantes des systèmes de transport. Ses domaines d'interventions se situent à tous les stades des opérations et dans toutes les dimensions : études générales, socio-économiques, du matériel roulant, de capacité, d'environnement et d'impact, recherches de tracé, conception des infrastructures, des voies, de l'alimentation de traction, de la signalisation, des télécommunications et systèmes de contrôle-commande, et également en stratégie de maintenance et de régénération.

Mon intégration au sein du service infrastructures & transports

Sous la responsabilité du coordinateur du pôle études amont, ma mission principale a été la conduite d'un projet de recherche intitulé « Rôle et mission des fonctions Circulation et Régulation de demain », commandité par Réseau Ferré de France (RFF) à ARCADIS. J'ai également participé à plusieurs autres études en cours dans le service, comme

- La réalisation d'un argumentaire stratégique pour la desserte du territoire eurois par les lignes nouvelles Paris – Normandie
- L'Assistance à maîtrise d'ouvrage pour l'élaboration d'un schéma directeur de l'évolution des infrastructures ferroviaires du Grand Port Maritime de Rouen
- L'étude des haltes et gares en Midi-Pyrénées
- Mise en place d'une méthode de calcul de la charge de travail des agents circulations dans les postes d'aiguillage, à travers une expérimentation sur les postes de Lyon Guillotière 3 et 4 et de Lyon Part-Dieu

Cette dernière étude sur le calcul de la charge de travail dans les postes m'a notamment permis d'enrichir ma réflexion concernant le projet de recherche ainsi que mon mémoire, tant le rôle des agents circulations dans la gestion opérationnelle des circulations constitue un des leviers principaux à son efficience.

En outre, j'ai également participé à de nombreuses réponses à appels d'offre concernant aussi bien des problématiques de transport urbain que de transport ferroviaire.

INTRODUCTION

Le sujet du mémoire

Le sujet de mon mémoire porte sur le projet de recherche « Rôle et mission des fonctions Circulation et Régulation de demain », commandité par Réseau Ferré de France (RFF) à ARCADIS.

Le contexte

De nombreux projets vont bouleverser le système ferroviaire français comme la mise en place progressive du cadencement, l'ouverture à la concurrence du transport ferroviaire de voyageurs, la mise en œuvre de nouveaux systèmes de signalisation (GSM-R, ERTMS 3...). C'est principalement le projet de commande centralisée de réseau (CCR), qui vise à regrouper les 1 800 postes d'aiguillages de technologies disparates au sein de 16 centres régionaux, qui impactera le plus l'exploitation ferroviaire et la gestion opérationnelle des circulations (GOC)

En parallèle, la création de la Direction Nationale des Circulations (DCF) en 2009, dans le cadre du projet de loi relatif à l'organisation et à la régulation des transports ferroviaires, a consacré le transfert de la responsabilité de la gestion du trafic et des circulations à RFF. Cette nouvelle responsabilité, autrefois à la charge de la SNCF via sa filiale Infra Circulation, implique donc nécessairement, une appropriation de la mission et également une connaissance et une maîtrise de l'ensemble du processus.

Les objectifs

Sous la forme d'un appel à idées mené auprès de neuf participants, RFF souhaite donc obtenir une vision cible 2050 de l'exploitation ferroviaire. Le projet de recherche « Rôles et missions des fonctions Circulations et Régulation de demain », commandité par RFF, s'intéresse principalement à la GOC¹.

Cette vision doit s'inscrire au-delà du projet CCR qui doit aboutir en 2030 et intégrer les autres évolutions à venir ainsi que les besoins futurs.

Par ce biais, RFF souhaite donc disposer d'une vision transversale et prospective, tranchant avec le système existant et passant outre les contraintes techniques.

Le projet se déroule en deux phases :

- Phase 1 : Définition de la vision cible sous forme d'un appel à idées, mené auprès de 9 participants dont ARCADIS
- Phase 2 : Approfondissement des solutions retenues, phasage et modalité de transition (phase conditionnelle)

La phase 1 s'est déroulée de mars à juillet 2010. La phase 2 encore hypothétique pourrait débuter en octobre 2010 et n'est donc pas intégrée à la réflexion du mémoire.

La Problématique du mémoire

La problématique retenue pour ce mémoire ne diverge pas de la problématique du projet de recherche : « Rôles et missions des fonctions Circulation et Régulation de demain ». En effet, par essence, le projet de recherche est problématisé.

¹ La GOC désigne ici l'ordonnancement du trafic en temps réel, lors de la production du service, à ne pas confondre avec la phase d'attribution de sillons et de construction des horaires qui s'effectue en amont.

Cette problématique traite donc de l'avenir des fonctions « aiguillage » et « régulation » à l'horizon 2050.

La réflexion est inextricablement liée à un grand nombre d'interrogations :

- Quels types de circulations sur le RFN en 2050 ? Quelle densité de trafic ?
- Quels types d'équipements de voie (signalisation) et dans les postes (système de commande et de contrôle) ?
- Quel investissement prévu pour le RFN (modernisation, régénération, création) ?
- Plus généralement, quels types d'offre et de demande en termes de mobilité ?
- Quel avenir pour la fonction aiguillage, qui tend à disparaître au profit d'itinéraires tracés automatiquement ?

La démarche entreprise

La réflexion autour de la vision cible de l'exploitation ferroviaire en 2050 s'est déroulée en plusieurs étapes définies au préalable :

1. Analyse de l'existant
2. Mise en exergue des limites et des dysfonctionnements du système ferroviaire actuel
3. Identification des évolutions à venir et des besoins futurs : analyse de leurs impacts
4. Description des expériences néerlandaises, allemandes et suisses en matière de gestion opérationnelle des circulations : identification de leurs points forts
5. Mise en place d'une méthodologie pour l'élaboration de la vision cible 2050
6. Description de la vision cible 2050 autour de six composantes :
 - Organisation générale
 - Equipement et ergonomie
 - Outils de commande et de contrôle
 - Gestion des ressources humaines
 - Information et communication
 - Mission sécurité
7. Evaluation de la vision cible 2050 : analyse des bénéfices et des limites

Le déroulement du rapport

Reprenant la démarche décrite précédemment, le rapport s'articulera en deux grandes parties.

La première partie intitulée *les fondements de la vision cible*, s'attachera à décrire le contexte actuel, les projets en cours et les évolutions à venir sur le réseau ferré national, ainsi que les limites du système actuel, notamment en relation avec les besoins à venir.

La seconde partie intitulée *l'élaboration de la vision cible*, sera consacrée à présenter la méthodologie de conception de la vision cible, les expériences étrangères en matière de gestion opérationnelle des circulations puis visera à décrire la vision cible envisagée à l'horizon 2050.

Enfin, un *bilan* sera dressé rappelant les grands principes de la vision cible et analysant les bénéfices et les limites du nouveau système, avant d'en dégager les principaux enseignements.

PARTIE I :

**LES FONDEMENTS DE
LA VISION CIBLE**

1 LE CONTEXTE ACTUEL

Une bonne connaissance du système actuel d'exploitation ferroviaire et de gestion des circulations constitue un préalable nécessaire à l'établissement d'une vision à l'horizon 2050 de ces fonctions. Cet état des lieux s'établit à partir des informations recueillies lors de la visite organisée des sites parisiens (CNOF, COGC Paris Nord et du poste d'aiguillage de Château Landon), des précédentes missions réalisées par ARCADIS pour RFF ou la SNCF, de l'expertise des intervenants ARCADIS France et Pays-Bas ainsi que d'autres publications autour de cette thématique détaillées dans la bibliographie.

1.1 LES ELEMENTS DE CADRAGE

1.1.1 Le système ferroviaire français

Afin d'appréhender au mieux le système ferroviaire français, il convient de noter un certain nombre d'invariants structurels :

- une taille de réseau importante : 14 000km de lignes structurantes concentrant 90% du trafic ;
- un héritage historique prégnant ;
- des technologies disparates.

En outre, le transport ferroviaire est un système qui mobilise un grand nombre d'acteurs. La Figure 1 décrit les principales interactions entre ces derniers.

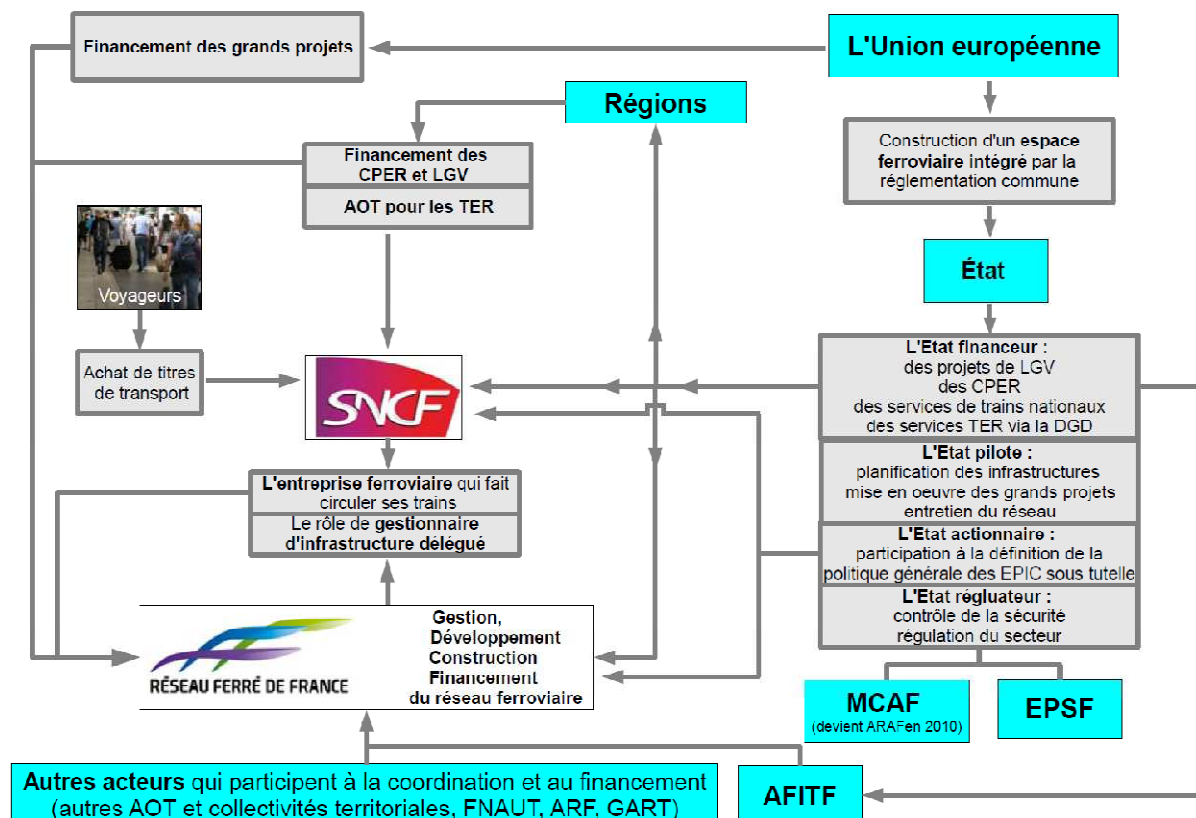


Figure 1 : Le rôle des acteurs du transport ferroviaire de voyageurs (Source : SETRA, Le transport ferroviaire de voyageurs sur le réseau ferré national : exploration d'un système complexe, 2009)

1.1.2 Les circulations ferroviaires sur le RFN

Quatre grands types de service circulent sur le Réseau Ferré National (RFN) :

- grandes lignes à grande vitesse (TGV)
- grande ligne voie classique (Intercité, Teoz, Lunéa)
- transport régional (TER, Transilien)
- transport de marchandises (Fret et autres entreprises ferroviaires)

A l'heure actuelle, environ 14 600 trains circulent quotidiennement sur le RFN. La Figure 2 détaille la répartition de ces dernières par type d'activité.

Type de service	Grande vitesse	Grandes lignes	Régional		Fret
Nom commercial	TGV	Intercité, Teoz, Lunéa	TER	Transilien	-
Autorité organisatrice	Etat	Etat	Régions	Région IdF	-
Circulations (trains/jour)	1 000		6 000	6 200	1 400

Figure 2 : Nombre de circulations par type de service
(Source : données SETRA)

En corrélation avec la croissance de l'offre TGV engendrée par le développement des LGV et des circulations internationales, ainsi qu'avec la croissance de l'offre TER, impulsée par la décentralisation, l'offre de train-km atteignait les 530 millions en 2007.

A titre de comparaison, la Figure 3 présente différentes données inhérentes à l'offre annuelle de six réseaux ferroviaire européens.

	France	Suisse	Allemagne	Belgique	Espagne	G-B
Longueur du réseau/1 000 hab. (ligne en km/1 000 hab.)	0,45	0,67	0,46	0,33	0,32	0,34
Train-km par hab. (km/hab.)	8,04	22,41	10,94	9,48	4,44	7,99
Densité du trafic / productivité (train-km/ligne-km)	17 700	33 621	23 670	28 313	13 887	23 222

Figure 3 : Comparaison de l'offre ferroviaire entre six pays européens
(Source : Statistiques internationales des chemins de fer 2007, Union Internationale des Chemins de fer)

Autant de circulations ferroviaires qui sont gérées et régulées au quotidien par plus de 8 400 agents dédiés à la gestion opérationnelle des circulations .

1.1.3 Les spécificités de l'exploitation ferroviaire

L'exploitation des systèmes de transport ferroviaire peut désigner à la fois son exploitation commerciale et son exploitation technique, qu'il convient de distinguer. L'organisation des circulations relève du domaine de l'exploitation technique, sans pour autant occulter certains aspects commerciaux, comme par exemple l'engagement horaire garanti de la SNCF qui est étroitement lié à la réussite de l'exploitation technique.

La production d'un service de transport présente la spécificité d'être produit en temps réel. L'exploitation ferroviaire se réalise donc en flux tendus, ce qui implique la rapidité de propagation d'un incident sur le réseau.

1.2 L'ORGANISATION DE LA GESTION OPERATIONNELLES DES CIRCULATIONS

1.2.1 Les éléments de définition et les grands principes

Selon le document de référence du RFN, « La gestion des circulations a pour but d'assurer la circulation des trains conformément au graphique de circulation validé par RFF et au contrat d'utilisation du RFN conclu entre l'EF et RFF ». Ce document prévoit, en cas de situation perturbée, les principes suivants :

- Transparence des processus de décision
- Non discrimination des entreprises ferroviaires
- Sureté du RFN

Au sein de la fonction gestion des circulations, il convient de distinguer la fonction régulation, qui concerne l'ordonnancement des circulations, de la fonction aiguillage, qui est en relation avec l'établissement d'itinéraires.

Par ailleurs, la gestion des circulations peut se décomposer en 3 phases successives :

- **La phase pré-opérationnelle** (de J-7 jusqu'à J-1 17h00) : consacrée aux dispositions visant à préparer en amont la circulation d'un train, utilisant un sillon alloué à une entreprise ferroviaire
- **La phase opérationnelle** (de J-1 17h00 à J) : consacrée à la production, c'est-à-dire aux dispositions liées à la circulation effective du train
- **La phase post-opérationnelle** : consacrée à l'analyse des résultats opérationnels et au retour d'expérience

Les lignes ferroviaires du RFN ne sont pas toutes régulées. Une définition des lignes régulées et non régulées est proposée par le référentiel infrastructure de la SNCF qui précise que « sur les lignes non régulées, la circulation en ligne est organisée et suivie par les agents-circulation de chaque gare. Ils s'entendent entre eux pour modifier, selon les besoins, l'ordre normal de circulation des trains ». Quant aux lignes régulées, « la circulation en ligne est organisée et suivie par le Régulateur dans les conditions fixées par les textes réglementaires sur la régulation. »

La carte en annexe 1 (p. 70) présente les lignes régulées et non régulées du RFN.

Différents niveaux interviennent dans la gestion et la régulation des circulations : du niveau local (conducteur, agent d'escale, poste d'aiguillage) au niveau national (CNO). Le schéma ci-dessous présente la composition de chacun des niveaux ainsi que leur articulation.

1.2.2 Les différents niveaux de gestion

1.2.2.1 Le niveau national

Le Centre National des Opérations Ferroviaires (CNOF), anciennement CNO, intervient pour coordonner les COGC en cas de gros incidents nécessitant :

- une interruption significative de trafic sur une ligne importante
- la mise en œuvre d'un détournement
- le déclenchement d'une salle de crise régionale et si besoin nationale

Centre décisionnel et opérationnel, le CNOF a pour missions principales :

- La veille active des circulations pour l'ensemble du RFN
- La régulation des LGV
- La coordination d'axe sur les lignes structurantes

- La prise en charge des situations perturbées dont les conséquences dépassent la zone d'action d'un COGC ainsi que le pilotage de crise en cas d'incident important
- L'information des entreprises ferroviaires
- L'information des organismes extérieurs de tutelle (RFF, EPSF, services ministériels)
- Le retour d'expérience de la régularité au niveau national



Figure 4 : Vue à l'intérieur du CNOF
(Source : Revue Générale des chemins de fer, février 2010, n°191)

Le CNOF compte 80 collaborateurs. Il est dirigé depuis 2006 par un DNO (Directeur National des Opérations), nommé directement par le président de la SNCF. Il peut être assisté dans sa mission par un DNC (Directeur National des Crises). Le CNOF gère environ deux crises (c'est-à-dire un incident ayant nécessité l'ouverture de la salle de crise) par semaine.

La configuration du CNOF se veut ergonomique. Les différents opérateurs sont disposés de façon précise (Cf. Figure 5). Le coordinateur national Infrastructure est au centre d'un premier arc de cercle constitué de coordinateurs d'axe et d'un deuxième arc de cercle hébergeant les entreprises ferroviaires (SNCF Voyages, SNCF Proximité, ECR). A noter que des places sont réservées aux futures entreprises entrantes. L'activité fret bénéficie d'un suivi spécifique et, comme pour chaque activité, d'une salle de gestion d'incidents dédiée. Enfin, un espace est réservé à l'information et à la communication, avec le plateau Info Lignes, les différents PC Info et un studio d'enregistrement.

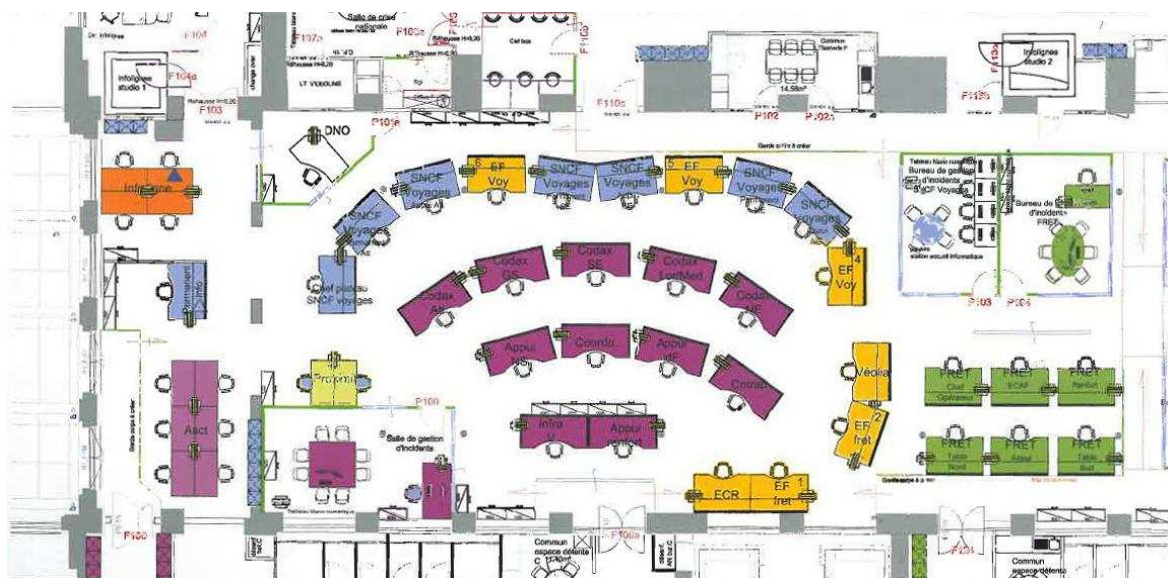


Figure 5 : Organisation de la salle opérationnelle du CNOF
(Source : Revue Générale des chemins de fer, février 2010, n°191)

1.2.2.2 Le niveau régional

Les Centres Opérationnels de Gestion des Circulations (COGC), anciennement appelés CRO (Centre Régional Opérationnel), ont en charge le niveau régional. Ils regroupent les responsables infrastructure (régulateurs) donnant l'ordre d'ordonnancement des trains (dans le cas d'une ligne régulée), des agents capables d'attribuer un sillon de dernière minute, des entreprises ferroviaires pour prendre en charge les aléas en matière de trafic, de roulement des engins, des roulements des agents (conducteurs, contrôleurs) ainsi que la coordination de l'information à la clientèle pour l'entreprise concernée. Plus précisément, le COGC est en charge de :

- L'allocation des capacités résiduelles à partir de J-7
- La gestion régionale des circulations, en liaison avec les postes d'aiguillage
- La saisie des événements « circulation »
- La gestion des incidents au niveau régional
- L'intervention des services de secours sur le réseau ferré
- L'information des entreprises ferroviaires
- Le retour d'expérience régularité régional

1.2.2.3 Le niveau local

Le niveau local correspond aux postes d'aiguillages. Au nombre de 1800, ils peuvent avoir des périmètres d'action très disparates, allant de quelques mètres à plus de 10km. De même les technologies peuvent varier : du poste avec quelques leviers à commande téléphonique, au poste à long rayon d'action automatisé. Le PRCI (Poste de Régulation à Commande Informatisée) constitue la technologie la plus performante pour coordonner la circulation des trains. Celui du poste d'aiguillage de Château Landon peut réguler jusqu'à 14km de voie, soit environ 1200 trains/jour.

En termes de régulation, les postes d'aiguillages ont pour mission l'anticipation des événements susceptibles d'impacter négativement les circulations ferroviaires. En cas de situation perturbée, son rôle consiste à estimer les retards, à transmettre l'information aux agents concernés et à gérer les circulations en temps réel jusqu'au retour à la normale.

De manière concrète, le poste d'aiguillage assure :

- La sécurité des circulations et des opérations de maintenance de l'infrastructure
- la gestion locale des circulations
- les opérations de départ, la formation des trains, les manœuvres, le tri, la desserte de terminaux, d'ITE (Installations Terminales Embranchées) ou de ports

1.2.2.4 Un niveau supplémentaire : le niveau supra-local

Bien qu'il n'agisse pas directement sur les fonctions régulation ou aiguillage, le niveau supra-local, correspondant aux personnels en opérationnel sur le terrain, joue un rôle important dans la gestion des circulations. Tout d'abord, certaines entités assurent une forme de fonction aiguillage comme les agents de conduite dans le cas d'aiguillages à pied d'œuvre (qui sont enclenchés manuellement par le conducteur en sortant de cabine) ou les postes de voie de service, qui demeurent encore nombreux sur le RFN.

Enfin, le niveau supra-local peut désigner le personnel d'escale, le personnel présent dans les dépôts, les agents de conduite, les agents responsables de la STEM (Surveillance des Trains en Marche) ou même les riverains des voies ferrées qui peuvent constater des incidents tels qu'une anomalie sur le matériel roulant à son passage en gare, un encombrement sur la voie, un dysfonctionnement de passage à niveau... De ce fait, ce niveau joue un rôle important dans la prévention ou la détection d'incidents.

1.3 LES ACTEURS DE LA GESTION OPERATIONNELLE DES CIRCULATIONS

1.3.1 Le Gestionnaire d'Infrastructure

RFF est le propriétaire et le gestionnaire du réseau ferroviaire national. Il a pour missions principales :

- L'organisation de la circulation des trains ;
- Le développement du trafic ferroviaire ;
- Le développement du réseau (réouvertures de lignes, construction de lignes nouvelles) ;
- L'entretien, exploitation et la modernisation du réseau ferroviaire ;
- L'aménagement et la valorisation du patrimoine ferroviaire.

A noter qu'en complément du réseau ferré national, viennent se greffer des infrastructures gérées par des entités distinctes de RFF comme les réseaux ferrés portuaire, gérés par les Grands Ports Maritimes (GPM), ou les ITE gérées par les industries qu'elles desservent.

1.3.2 Le Gestionnaire d'Infrastructure Délégué

Comme le présente la Figure 6, la SNCF intervient à plusieurs niveaux dans le système ferroviaire. Concernant le processus de GOC, la SNCF intervient au niveau de l'exploitation et de la gestion du réseau, à travers la Direction des Circulations Ferroviaires désormais sous la tutelle de RFF (voir 1.3.3). La SNCF intervient également en tant qu'entreprise ferroviaire, au sens opérateur, via les branches SNCF Proximité (pour les circulations TER, Transilien, et Corail Intercité) et SNCF Voyages (pour les circulations grandes lignes) mais également en termes de travaux et maintenance via sa branche INFRA.

SNCF INFRA	SNCF PROXIMITÉS	SNCF VOYAGES	SNCF GEODIS	GARES & CONNEXIONS
Exploitation et gestion du réseau Direction de la Circulation Ferroviaire	TER Transilien Intercités Chemins de fer de la Corse	Transporteurs TGV Eurostar Thalys Elipsos Lyria Artesia iDTGV TéoZ	Geodis Transports ferroviaires de marchandises Gestionnaires d'actifs	Gestion et développement des gares 3000 gares voyageurs Groupe AREP Groupe A2C Parvis
Travaux et maintenance	Keolis Effia	Distribution voyages-sncf.com Rail Europe Sysraildata RailSolutions RésaRail2000		
Ingénierie Systra Inexia SNCF International				

Figure 6 : Les 5 branches du groupe SNCF
(Source : www.sncf.fr)

En effet, au titre de Gestionnaire d'Infrastructure Délégué (GID), la SNCF assure pour le compte de RFF la gestion du réseau et sa maintenance. L'INFRA SNCF participe ainsi aux mesures destinées à assurer un retour à la normale en cas d'incidents.

On distingue trois types de mesures :

- les mesures d'exploitation telles que la régulation du trafic en situation perturbée : la mise en place d'Installation Permanente de Contre-Sens (IPCS) ou de Voie unique Temporaire (VUT) permet par exemple d'assurer la continuité du trafic en cas d'incident sur une voie ;
- les mesures techniques de dégagement du réseau, afin de libérer au plus vite les voies en cas de chute d'arbres ou de rochers, par exemple ;
- les mesures techniques de réparation du réseau, en cas de dommage sur les voies, les caténaires, la signalisation, les appareils de voie, les circuits de voies...

En situation perturbée, différentes étapes rythment la gestion et la résorption de l'incident, côté Infra :

1. Constat de l'incident (par l'agent de conduite, l'agent circulation, un riverain...)
2. Appel du service des astreintes qui prévient le poste d'aiguillage concerné ou le COGC, selon la gravité de l'incident
3. Contact de l'agent ou des agents d'astreinte concernés, selon le type d'incident
4. Constat du dérangement par l'agent dépêché sur les lieux
5. Confirmation du dérangement au service d'astreinte et au régulateur
6. Prise de disposition technique avec le régulateur (Interruption de trafic, IPCS, VUT...)
7. Relève de dérangement ou résorption de l'incident
8. Retrait des dispositions techniques en coopération avec le régulateur
9. avertissement de la régulation et l'astreinte de la fin du processus
10. Reprise du trafic

Le déroulement d'une résorption d'incident met en exergue l'importance du temps d'intervention des agents, en lien avec la localisation des équipes ainsi que du temps de transmission de l'information de l'agent aux différents postes de régulation afin d'estimer les retards et de les communiquer aux voyageurs dans les trains et en gare.

1.3.3 La Direction des Circulations Ferroviaires (DCF)

La nécessité de créer une entité spécialisée pour assurer la gestion des circulations émane de :

- La réalisation d'un audit sur la répartition des capacités d'infrastructure par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne² et ses recommandations ;
- L'importance du « continuum » horariste - régulateur - agent-circulation ;
- L'augmentation du nombre d'Entreprises Ferroviaires imposant plus de rigueur dans la gestion des circulations, et donc de spécialiser davantage cette mission.

La création de la Direction des Circulations Ferroviaires (DCF) intervient dans le cadre du projet de loi relatif à l'organisation et à la régulation des transports ferroviaires, adopté par l'Assemblée nationale le 3 novembre 2009.

² TZIEROPOULOS Panos, Audit sur la répartition des capacités d'infrastructure; Recommandations, LITEP/EPFL, Lausanne, décembre 2007

Cette loi, qui instaure la création de l'Autorité de Régulation des Activités Ferroviaires (ARAF), impose également qu'un service spécialisé exerce, à compter du 1^{er} janvier 2010, pour le compte et selon les objectifs et principes de gestion définis par Réseau ferré de France, les missions de gestion du trafic et des circulations sur le réseau ferré national en vue du renouveau du transport ferroviaire, dans des conditions assurant l'indépendance des fonctions essentielles ainsi exercées, garantissant une concurrence libre et loyale ainsi que l'absence de toute discrimination.

Cette loi prévoit donc la création par la SNCF d'un service spécialisé pour les missions de gestion du trafic et des circulations pour le compte de RFF et selon les objectifs et principes de gestion qu'il fixe (Article 1 de la loi qui modifie l'article 24 de la LOTI) :

- Le service est séparé du reste de l'entreprise,
- Le budget est distinct de celui de la SNCF, son financement est assuré par RFF,
- Le directeur est nommé par décret du Premier ministre sur proposition du ministre des transports et après avis de l'ARAF,
- Les agents dépendent uniquement du directeur de ce service.

Les missions de la DCF sont les suivantes :

- Les études techniques permettant le tracé des sillons ;
- Les missions de tracé d'itinéraires ;
- Le suivi et l'ordonnancement des circulations ;
- La veille opérationnelle et la sécurité ;
- La veille internationale et la recherche.

1.3.4 Les différents agents dédiés à la GOC

L'organisation du travail des agents constitue un des principaux leviers pour améliorer la gestion et la régulation des circulations. Dans le cadre de l'exercice de cette activité, différents types d'agents interviennent :

Aiguilleurs : chargé d'effectuer les opérations de construction d'itinéraire commandées par l'agent-circulations

AC Agent-circulation : chargé d'assurer, en sécurité, le service de la circulation des trains dans un secteur-circulation. Ces missions principales sont la manœuvre des installations, la gestion des équipements de signalisation et l'intervention en cas de dysfonctionnements.

CCL Chef de circulation : en fonction dans les gares importantes (ayant plusieurs secteurs-circulation), il a autorité sur les autres agents-circulation du point de vue de l'organisation de la circulation et exerce tout ou partie des attributions du régulateur. Dégagé des missions sécurité, ses missions principales sont le déclenchement de processus opérationnels sur les circulations, l'organisation et la gestion des missions d'assistance (secours, police...) en cas d'incident.

ACC Adjoint au Chef Circulation : assiste si besoin est, le Chef Circulation pour gérer une situation dégradée importante par exemple

Régulateur : chargé d'organiser et de contrôler la circulation des trains sur certaines lignes ou sections de ligne dites « régulées » et d'exécuter ou de faire exécuter certaines opérations de sécurité.

CCLR Coordonnateur régional (au sein des COGC) : exerce l'autorité sur l'ensemble du guichet opérationnel. Il est en charge de l'allocation de capacité, de la gestion opérationnelle de la circulation, de l'information des entreprises ferroviaires sur la circulation de leurs trains.

CONAT Coordonnateur national (au sein du CNO) : en charge du suivi permanent global de l'ensemble du réseau ferré national et de la surveillance sur zone critique

CODAX Coordonnateur d'axe (au sein du CNO) : exerce, sur un ou plusieurs axes du réseau, une surveillance spécifique de la circulation des trains à grands parcours

Les logiques de hiérarchie, de communication et la fonction des différents types d'agent sont schématisées en Figure 7.

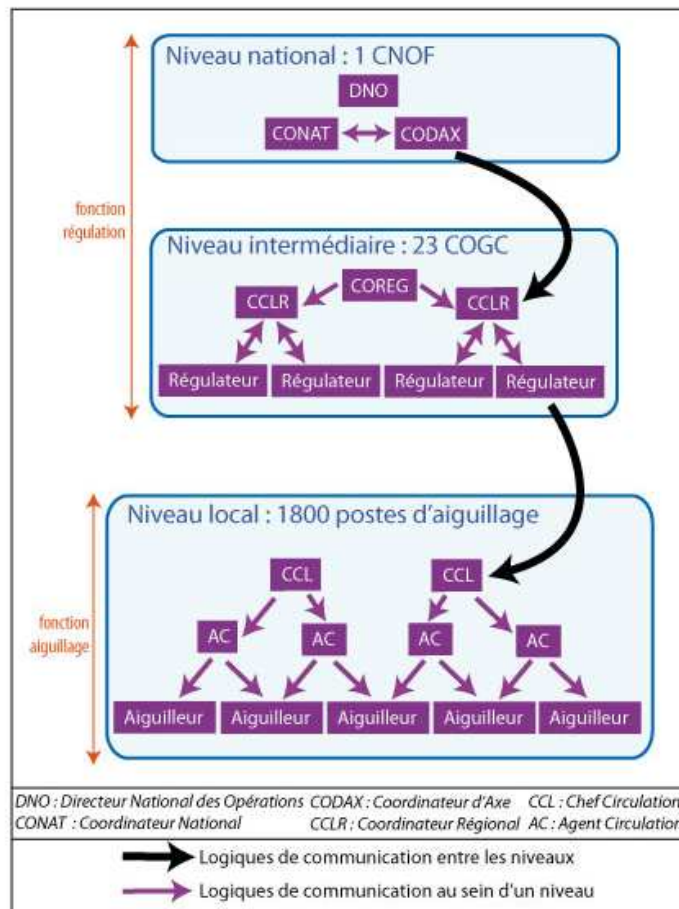


Figure 7 : Hiérarchie et logiques de communication entre agent GOC (Source : Guillaume Ficat-Andrieu)

1.3.5 Les entreprises ferroviaires entrantes

Outre l'opérateur historique SNCF, qui assure une mission d'opérateur ferroviaire de voyageurs, via ses deux filiales SNCF Proximité et SNCF Voyages, et de fret via sa filiale fret SNCF, des nouveaux entrants font leur apparition sur le RFN.

Avec l'ouverture à la concurrence du fret ferroviaire en mars 2003, les premiers nouveaux entrants furent des opérateurs fret. Il faudra tout de même attendre juin 2005 pour voir le premier train non SNCF circulé sur le RFN. Aujourd'hui, moins d'une dizaine d'opérateurs sont implantée sur ce marché : CFL, EuroCargo Rail, SECO-RAIL, SNCB, Europorte 2, VFLI et Colas Rail. La démarche des OFP, souhaitée par le gouvernement devrait favoriser la croissance du nombre d'opérateurs dans cette activité.

C'est l'arrivée programmée de nouveaux opérateurs ferroviaires de voyageurs qui devrait constituer l'enjeu majeur des années à venir. Dans le cadre de l'ouverture à la concurrence des liaisons internationales de voyageurs, l'entreprise nationale italienne Trenitalia a effectué des réservations de sillon pour l'été 2010.

Les entreprises ferroviaires sont directement concernées par la GOC, eu égard à leur mission de production des circulations. En cas de conflit de circulations, le régulateur doit par exemple prendre une décision telle que le garage d'un train, l'attente de correspondance voire la suppression.

Pour ce faire, il doit entrer en communication avec la ou les EF concernées afin d'arbitrer en faveur de l'une ou l'autre EF, en respectant les principes d'équité et d'égalité de traitement.

1.3.6 La puissance publique

Lors d'incidents graves comme un accident de personne ou un déraillement, l'intervention de la puissance publique peut prendre deux formes :

- Le secours via l'intervention des pompiers ou du SAMU
- Le pouvoir de police, via l'intervention de la police judiciaire ou de la gendarmerie qui doivent venir constater les causes d'un décès lors d'un accident de personne ou les causes d'un déraillement (origine criminelle ou défaut de l'infrastructure)

La reprise du trafic est par conséquent dépendante du temps d'intervention des différents services concernés.

1.4 LA GESTION DES INCIDENTS ET LA GESTION DE CRISE

Différents types d'incidents peuvent venir perturber la circulation ferroviaire sur le réseau national. Ces derniers peuvent être classés en deux catégories, selon leur gravité :

- **Petits incidents** (colis suspects, difficultés d'acheminement de matériels ou de personnels) : leur résorption peut être prise en compte dans les calculs de robustesse effectués lors de la phase de conception du service, ou le retour à la situation nominale peut s'effectuer rapidement
- **Gros incidents** (accident de personne, panne lourde, collision, déraillement...) : tout incident nécessitant l'ouverture d'une salle de crise pour gérer au mieux la situation et le retour à une situation normale.

En cas d'incident, la mission de gestion et régulation des circulations comporte deux priorités : le retour rapide à la situation nominale et la prise en charge des voyageurs

La remontée de l'information depuis le niveau local (postes d'aiguillage, conducteur, personnel en gare voire riverain...) constitue une étape clé. Les temps de remontée de l'information sont variables. Les 30 minutes maximales imposées sont parfois difficiles à tenir, notamment dans le cas d'un incident survenu dans une zone éloignée de toute habitation et/ou difficile d'accès.

Au traitement technique de l'incident, il est également nécessaire d'y associer le traitement de l'information. Pour ce faire, deux journalistes sont présents au sein des équipes du CNOF et réalisent un flash Info national toutes les 30 minutes.

Afin d'assurer la constitution d'un dispositif de crise à tout moment, le personnel attitré à cette fonction est mobilisable 7j/7 et 24h/24.

La gestion de crise s'effectue selon un principe quasi militaire, et sur le même modèle que le triptyque COGIC (centre opérationnel de gestion interministérielle des crises) - CODIS (Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de Secours) – Pompiers. Le DNO qui assure la continuité de l'autorité, est seul patron de crise, les appels sont enregistrés.

Dans le cas d'un incident grave, la vente de billets est stoppée immédiatement, des reports de trajets sont mis en place pour éviter la saturation des gares ou des quais, ou encore des bus de remplacement peuvent être prévus (Plan Pégase). Enfin, chaque crise prévoit la création d'un Plan Transport.

Pour aborder sereinement les différentes situations de crise, le CNOF est soumis tous les mois à des crises fictives. Il dispose également de scénarios pré-établis d'incidents déjà survenus ou survenant fréquemment. Des formations internes à la gestion de crise sont également dispensées. Enfin, pour améliorer la gestion de crise, le CNOF bénéficie de nombreux retours d'expérience d'incidents passés (tempête de 1999, Aubagne, inondation de 2010...).

1.5 LES EQUIPEMENTS ET L'ERGONOMIE

L'équipement de base des opérateurs circulations dans les postes modernes comme les Commande Centralisée ou les PAR, qui cumule les fonctions « aiguillage » et « régulation » se compose des éléments suivants (Cf. Figure 8) :

- un poste de travail MISTRAL : 3 à 4 écrans (selon le rang) + clavier et souris. Les fonctions de ce poste diffèrent selon le rang de l'agent : il permet aux AC d'effectuer les opérations de télécommande d'itinéraire et de visualiser les télé-contrôles et aux CCL de superviser les opérations sur les installations de sécurité et les opérations de suivi des circulations ;
- un poste OLERON pour les AC et 1 poste GALITE pour les CCL, composés chacun d'un écran et d'un clavier, permettant d'assurer les opérations de régulation ;
- un pupitre téléphonique permettant les communications internes, entre agents-circulations des postes environnants, mais également avec les conducteurs des trains ou les agents de l'Infra.

Les communications externes sont assurées par des téléphones classiques.



Figure 8 : Présentation de l'équipement d'un poste MISTRAL (RFF/SNCF)

En complément de cet équipement individuel, un Tableau de Contrôle Optique (TCO) offre une vision exhaustive de la zone d'action du poste, représentant schématiquement le tracé des voies, l'emplacement des signaux et des aiguilles, ainsi que le découpage des circuits de voie. Des voyants ou figurines lumineux donnent les renseignements utiles sur la position des signaux et des aiguillages et sur l'état d'occupation des circuits de voie (Cf. Figure 9).

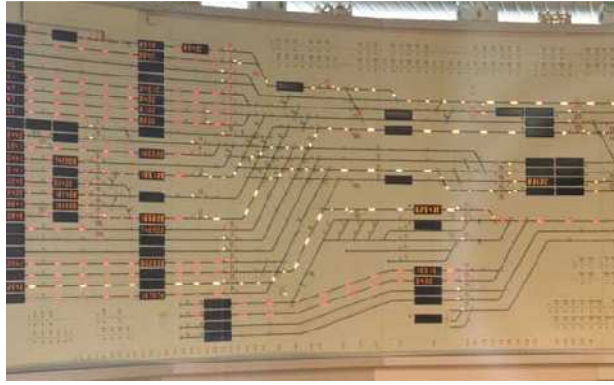


Figure 9 : Le TCO du poste de Montparnasse
(Source : <http://snf.ratp.free.fr/circulationssncf> - consulté le 28/07/2010)

Dans les postes modernes comme les Commandes Centralisées, les contrôles optiques sont assurés au moyen d'un écran de visualisation, permettant ainsi de s'affranchir des TCO, devenus trop volumineux notamment quand il s'agit de représenter une densité ou un kilométrage trop important de ligne.

1.6 LES OUTILS DE COMMANDE ET DE CONTROLE

Au service des différents agents, une multitude d'outils informatiques assure une fonction de support dans la gestion et la régulation en temps réel des circulations. En voici les principaux :

GALITE (Graphiques Automatiques, Liés à l'Infrastructure des Trains en Exploitation) : à la disposition des coordonnateurs d'axe, il permet la réalisation automatique d'un graphique espace temps des circulations réelles, ainsi que de visualiser de façon graphique, le suivi en temps réel des circulations, dans l'objectif d'anticiper les conflits et de donner des directives anticipées aux agents concernés.

HOUAT (HOraires Utiles A Tous) : base de données décrivant les parcours et horaires des trains. Il met à disposition un référentiel des horaires théoriques nationaux par jour, donnant la connaissance des sillons de chaque poste d'aiguillage.

OLERON : (Outil Local pour l'Exploitation et la Régulation des circulations) renseigne les préparateurs locaux sur la prévision journalière des circulations

BREHAT (Base de Résultats Habiles à d'Autres Taches) : application informatique recensant tous les retards supérieur à 5 minutes et leur cause. Collecteur national des observations de circulation, il permet *a posteriori* d'effectuer un suivi statistique ainsi qu'une analyse des circonstances et des causes des incidents.

EXCALIBUR : offre les moyens d'exercer les missions de supervision et de pilotage de la circulation des trains. Il est un outil d'aide à la décision pour la gestion des incidents d'exploitation importants. Il assure également une fonction d'information et traçabilité.

MISTRAL (Module Informatiques de Signalisation, de Transmission et d'Alarmes) : constitue l'interface de commande et de contrôle unique pour tous les types de postes informatisés. Les fonctions proposées sont la commande, la programmation, le suivi des trains, les contrôles, les alarmes (DBC, DVL, DPI, portiques) et la gestion des protections comme les Passages à Niveau (PN).

Ces différents outils sont soit spécifiques à un niveau d'intervention, soit utilisés à plusieurs niveaux. Parmi ces derniers, certains n'ont pas les mêmes fonctions selon le niveau d'utilisation. Les outils sont alimentés par différents types d'informations concernant les horaires théoriques, le suivi des trains ou le recensement des incidents. Leurs niveaux d'intervention sont détaillés en Figure 10.

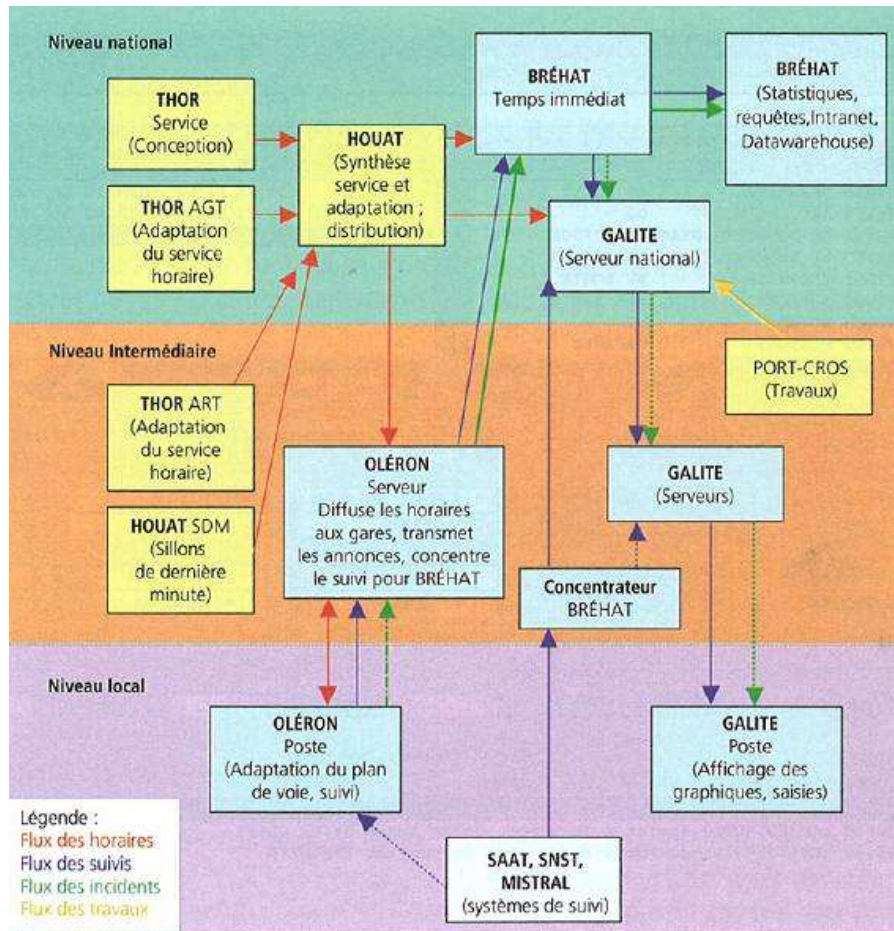


Figure 10 : Fonctionnements des outils de commande et de contrôle
(Source : RGCF, oct. 2005)

2 LES COUPS PARTIS ET LES EVOLUTIONS A VENIR SUR LE RFN

Les évolutions récentes et à venir sont des paramètres majeurs à prendre en compte dans l'établissement de la vision cible, puisqu'elles vont profondément modifier le paysage ferroviaire français dans les années à venir.

2.1 LE DEVELOPPEMENT DES CIRCULATIONS INTERNATIONALES ET L'OUVERTURE A LA CONCURRENCE

A l'heure actuelle, les circulations ferroviaires dépassent le cadre strictement national et la mobilité s'appréhende donc désormais à l'échelle européenne. En témoigne, l'essor des relations transfrontalières comme Thalys vers le Benelux, Eurostar pour l'Angleterre, Elyspos pour l'Espagne, Lyria pour la Suisse, Artesia pour l'Italie ou encore Alleo pour l'Allemagne, ainsi que les TGV assurant des liaisons avec Bruxelles, Le Luxembourg et Genève. A ces trains Grandes Lignes, viennent s'ajouter des liaisons transfrontalières assurées par le transport ferroviaire régional. La France compte 20 liaisons de ce type dont la plus importante, Mulhouse-Bale, recense 43 Allers/Retours par jour et la plus fréquentée, Nice-Vintimille, transporte plus de 13 000 voyageurs par jour.

Deux paramètres devraient faire croître à l'avenir ces liaisons dépassant le cadre national : l'ouverture à la concurrence des liaisons internationales de voyageurs, effective depuis le 13 décembre 2009, et les projets d'infrastructure comme la deuxième tranche de la LGV Est, la LGV Rhin-Rhône, le tunnel Lyon-Turin, le tunnel Perpignan – Figueras, ou celui du Perthus.

Les circulations internationales impliquent une interopérabilité effective en termes d'infrastructures, de matériels roulants, de signalisation et de norme sécurité. L'équipement embarqué des matériels roulants joue donc un rôle majeur dans la gestion des circulations. En effet, son niveau technologique influence fortement l'exploitation ferroviaire et sa régulation puisqu'il conditionne des paramètres comme la localisation, les distances entre trains ou encore la communication.

Autre évolution majeure à venir : l'ouverture à la concurrence du transport de voyageur. Si à ce jour, les liaisons internationales sont légalement permises, à l'horizon 2016 le transport régional, puis les liaisons nationales, devraient également faire l'objet d'une ouverture à la concurrence. Des opérateurs privés pourront alors faire circuler des trains de voyageurs, de la même manière que pour le fret ferroviaire actuellement.

2.2 LA MISE EN PLACE PROGRESSIVE DU CADENCEMENT

Après les premières expérimentations du cadencement en région depuis 2008, le cadencement va progressivement s'étendre à l'ensemble du territoire national. La première étape sera l'application de l'horaire annuel 2012 pour les liaisons nationales. L'expérience de la région Rhône Alpes devrait servir de modèle.

Selon la définition proposée par RFF, « le cadencement du réseau consiste à répéter à intervalles réguliers la même séquence de dessertes : heures de départ, d'arrivée et d'arrêts en cours de route. Ainsi, les minutes de départ et d'arrivée sont exactement les mêmes toute la journée, dans toutes les gares de la ligne concernée. Cette organisation se fait en intégrant les sillons des trains les plus rapides à ceux des plus lents, selon un schéma symétrique. »

Si le cadencement présente des avantages du point de vue du client (lisibilité, horaire facilement mémorisable, augmentation de l'offre, régularité), il constitue également un outil d'aide à la programmation des investissements. Le cadencement 2012 constituera une première phase avant le renforcement progressif de la démarche et à terme une généralisation à tous les types de circulation (régionale, intercity et grande ligne).

Cette vision structurée des horaires, apportée par le cadencement, devrait simplifier la gestion des circulations et leur régulation. Mis à part la gestion des incidents qui persistera, le cadencement entraînera une mutation des fonctions de régulation des circulations.

Toutefois, le cadencement implique une tension plus forte sur les moyens de production aussi bien matériels qu'humains, réduisant la marge de manœuvre et nécessitant par conséquent une nouvelle organisation du travail.

L'exploitation d'un réseau cadencé implique également des contraintes spécifiques qui nécessitent la mise en œuvre de processus pour pallier les aléas quotidiens ou en minimiser leur impact. Sur le réseau ferroviaire suisse, si une rame subit un retard trop important (supérieur à dix minutes environ), les trains en correspondance ne l'attendent pas. Les voyageurs concernés devront prendre le train suivant. De ce fait, les retards ne sont pas répercutés sur les autres convois et ne forme pas de réaction en cascade. Toutefois ce procédé n'est possible seulement dans le cadre d'un cadencement généralisé des circulations, *a minima* à chaque heure, puisque dans cette configuration, cela permet aux voyageurs du train retardé de bénéficier de la relation suivante sans patir d'une attente excessivement longue.

2.3 L'AVENIR DES PARTENARIATS PUBLIC-PRIVE

Le recours aux partenariats public-privé pour la construction de lignes nouvelles constitue un paramètre nouveau qui va impacter la gestion des circulations. La concession de ces lignes à des acteurs privés implique la prise en charge d'au moins une des activités par le concessionnaire, parmi lesquelles : l'entretien, la gestion, la maintenance et l'exploitation. Dans le cadre de la LGV SEA, l'exploitation et la maintenance sont confiées à des sociétés privées³. Il faut ici comprendre la fonction exploitation par la gestion opérationnelle des circulations et l'intervention en cas d'incident. Les projets de LGV Bretagne Pays de la Loire, le contournement Nîmes-Montpellier, ou la ligne Perpignan-Figueras sont autant de projet en partenariats public-privé à venir.

L'essor de ces types de partenariats peut impacter la régulation des circulations étant donné qu'il conduit à une multiplication des gestionnaires d'infrastructures (GI). Si dans ce cadre, la régulation des circulations ne peut techniquement être assurée que par la DCF, les interfaces entre les nouveaux GI et la DCF complexifient inextricablement la mission de régulation.

Compte tenu de l'état actuel des finances publiques, la tendance est au développement de ces partenariats public-privé, dans le but de relancer les projets d'infrastructures, voire de modernisation de l'existant.

2.4 L'APPARITION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

L'apparition de nouvelles technologies peut venir modifier le mode de gestion des circulations. Deux projets devraient entraîner de profonds changements dans le système ferroviaire français : la mise en place de l'ERTMS et la mise en place des Commandes Centralisées de Réseau (CCR).

³ Source : Communiqué de presse, groupement LISEA, 30 mars 2010

2.4.1 L'ERTMS

L'ERTMS (European Rail Traffic Management System) un nouveau système de signalisation destiné à l'exploitation ferroviaire qui devrait progressivement remplacer le grand nombre de systèmes de répétition des signaux et de signalisation en cabine actuellement utilisés sur les différents réseaux ferroviaires européens. Expérimentée sur certaines lignes en France, en Suisse, en Autriche ou encore en Allemagne, sa mise en œuvre est prévue dans un premier temps sur les lignes à grande vitesse européenne.

Cette technologie combine :

- le GSM-R basé sur le standard GSM mais utilisant des fréquences différentes propres au Rail ainsi que certaines fonctions avancées. Il s'agit du système radio utilisé pour échanger des informations (voix et données) entre le sol et le bord;
- l'ETCS, (European Train Control System) le système européen de contrôle des trains. Un ordinateur à bord du train, l'Eurocab, compare la vitesse du train avec la vitesse maximale permise, transmise par le sol, et freine automatiquement le train en cas de dépassement.

L'ERTMS se décline en trois niveaux, détaillés en Figure 11.

Niveau d'ERTMS	Mode de transmission de l'information	Mode d'acquisition de la position des trains
Niveau 1	Ponctuel par Eurobalise	Détection par le sol
Niveau 2	Continu par GSM-R	Détection par le sol
Niveau 3	Continu par GSM-R	Auto-localisation par les trains

Figure 11 : Les différents niveaux de la technologie ERTMS

Le niveau 2 est à ce jour la technologie la plus évoluée en service. Si elle équipe les LGV récentes comme la LGV Est, elle n'est réellement utilisée en service commercial que sur certaines portions de lignes en Italie, en Espagne et en Suisse, car les trains ne bénéficient pas encore tous d'un équipement compatible avec cette nouvelle technologie.

A partir du niveau 2, l'ERTMS permet grâce à la combinaison avec le GSM-R une transmission de l'information et par conséquent une géolocalisation en temps réel. Cette transmission continue constitue un réel progrès au regard de l'ancien système de détection des trains qui ne permettait seulement une localisation ponctuelle des trains, à chaque passage sur un circuit de voie et donc une information moins fiable et tardive, notamment pour les retards.

Le niveau 3 constitue la technologie suprême, permettant de s'affranchir de la signalisation latérale grâce à une auto-localisation des trains et à la diffusion des consignes en cabine. Des schémas représentant les différents niveaux de l'ERTMS et leur fonctionnement sont visibles en annexe 2 (p. 71).

Les objectifs de l'introduction de l'ERTMS sont multiples :

- simplifier la conduite des trains
- rendre plus sûres les circulations
- réduire les charges d'investissements et d'entretien des installations fixes
- permettre l'interopérabilité des lignes à grande vitesse européennes,
- augmenter la capacité des lignes,
- améliorer la vitesse moyenne des transports.

Concernant la gestion des circulations, l'apport essentiellement de l'ERTMS se situera au niveau de la localisation des trains. En effet, le niveau 3 permettant l'auto-localisation des trains offrira des gains d'efficacité, notamment dans la gestion des incidents (localisation précise d'une rame à transborder par exemple).

Le phasage de la mise en place des technologies est détaillé en annexe 3 (p. 72).

2.4.2 Le projet de Commande Centralisé du Réseau (CCR)

Afin de répondre aux enjeux du futur (ouverture à la concurrence, accroissement des circulations, modernisation du réseau), RFF a lancé le projet de commande centralisé du réseau (CCR). En s'appuyant sur les retours d'expérience de nombreux réseaux européens, cet ambitieux projet prévoit une refonte complète du système d'exploitation et de gestion des circulations, par le biais d'une contraction verticale et horizontale. L'objectif est de passer des 1 500 postes d'aiguillage actuels aux 15 à 20 salles de commande prévues, uniformément réparties sur le territoire national (Cf. Figure 12).

Outre la réduction des coûts de fonctionnement (200M€/an) et par conséquent d'exploitation, les CCR, grâce à l'automatisation du processus d'exploitation, devrait permettre d'optimiser les performances de l'infrastructure, la productivité des missions de régulation des circulations et la qualité de l'information transmise aux voyageurs.

La mise en œuvre de ce projet aura un impact majeur sur la régulation des circulations. Tout d'abord, un échelon d'intervention sera supprimé : l'échelon local, correspondant aux postes d'aiguillage et aux agents de circulation. Ensuite, l'organisation passera d'un système hiérarchique à trois niveaux à un système à deux niveaux. Cette mutation simplifiera la remontée de l'information, la communication entre protagoniste et allégera le processus de gestion de crise.

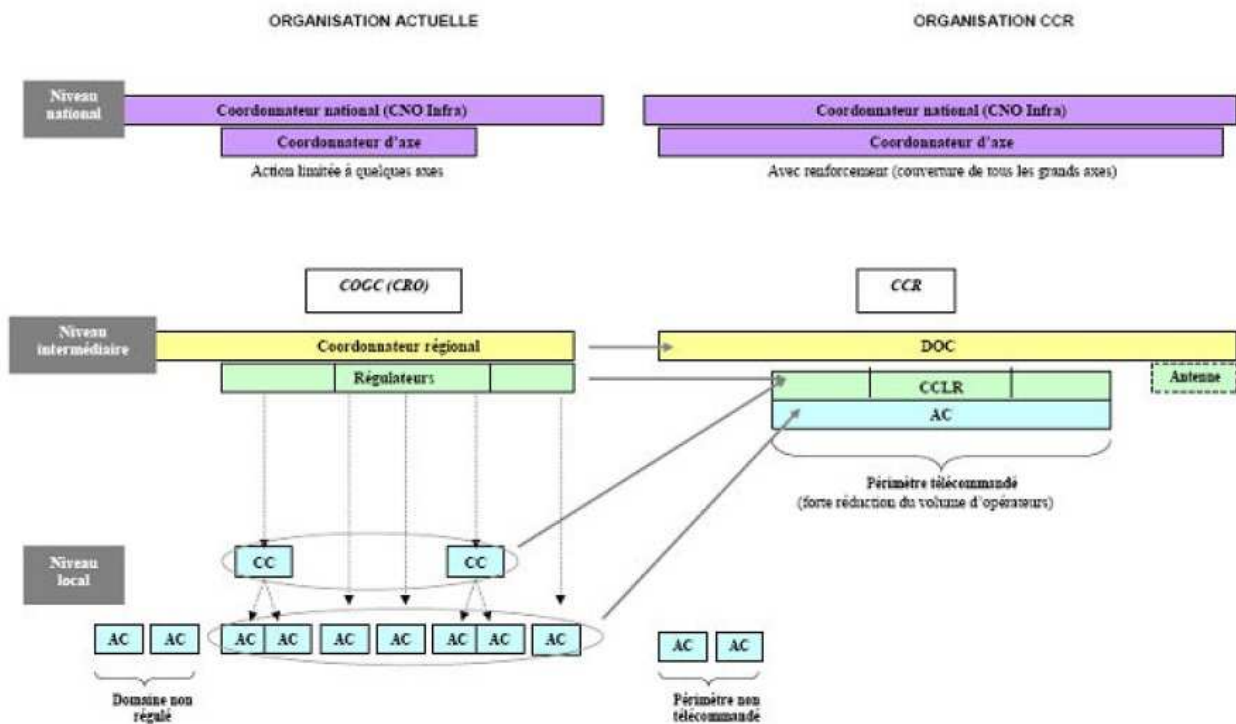


Figure 12 : Transition entre organisation actuelle et organisation CCR (Source : RFF)

2.5 L'AVENIR DU FRET FERROVIAIRE

Concernant le fret ferroviaire, l'engagement national pour le fret ferroviaire, décidé en conseil des ministres le 16 septembre 2009, consacre la relance de cette activité, aujourd'hui en déclin, dans le but d'atteindre les objectifs du Grenelle de l'Environnement.

Par ailleurs, dans le cadre de l'ordonnance 2005-898 du 2 août 2005, portant actualisation des livres III et IV du Codes des ports maritimes, la responsabilité de gestion (entretien et exploitation) des réseaux ferrés portuaires (RFP) a été transférée aux autorités portuaires. Elle doit, dans ce cadre, assurer la gestion du service fret des dessertes locales et par conséquent la régulation des circulations sur son infrastructure, impliquant l'ajout de nouvelles interfaces entre le gestionnaire d'infrastructure historique (RFF) et l'arrivée de nouveaux gestionnaires d'infrastructure (RFP). Ces interfaces entre GI constituent des points durs en termes de gestion et régulation des circulations.

Sur le même principe, les installations terminales embranchées (ITE), qui raccordent les voies ferrées de sites industriels privés au réseau ferré national, forment également des interfaces GI RFF/Autres GI. Les ITE sont au nombre de 2 000 sur le RFN.

Enfin, dans l'optique du développement l'activité Fret ferroviaire de type « wagon isolé » et des Opérateurs Fret de Proximité (OFP), souhaité par le gouvernement, de nouvelles entreprises ferroviaires devraient venir étoffer le nombre d'opérateurs privés en présence.

2.6 LA MULTIPLICATION DES GESTIONNAIRES D'INFRASTRUCTURES

Réseaux ferrés portuaires, créations d'OFP, développement des voies privées et des ITE, constructions de lignes nouvelles exploitées en partenariat public-privé, renforcement du rôle des régions dans la gestion des infrastructures locales, la tendance est à la multiplication des GI. Cette tendance devrait participer à la mutation de la gestion opérationnelle des circulations sur le RFN.

3 LES DYSFONCTIONNEMENTS OBSERVÉS

Sur la base de la description du fonctionnement et de l'organisation de la gestion des circulations et de l'analyse des évolutions et des besoins à venir, des dysfonctionnements et des carences dans le système actuel ont été identifiés et mis en exergue.

3.1 UNE ORGANISATION NON OPTIMALE

3.1.1 Une multiplicité de niveaux de gestion

Une des principales limites du système actuel réside dans le nombre d'échelons d'intervention, trop important. En effet, l'existence de trois niveaux (national, régional et local) induit inévitablement des temps additionnels consacrés à la transmission de l'information. A l'heure actuelle, lors d'une prise en charge de situation de crise par le CNOF, le temps de remontée de l'information du local au national doit être au maximum de 30 minutes ; 30 minutes durant lesquelles, dans le cas le plus défavorable, aucune action de résorption de l'incident n'est encore entreprise.

De plus, l'arbitrage concernant l'échelon d'intervention pour une situation donnée est parfois difficile. A partir de quel degré de gravité ou selon quel critère, un incident doit-il être traité au niveau national par le CNOF ?

3.1.2 Une configuration inadaptée à un contexte multi-EF

Dans la perspective d'une ouverture effective à la concurrence pour les services de voyageurs, la configuration actuelle du CNOF ne pourrait supporter une arrivée massive d'entreprises ferroviaires privées. En effet, à l'heure actuelle, seuls quelques postes sont réservés à cet effet au sein des centres. Plus généralement, cette remarque amène à s'interroger sur la nécessité d'accueillir les EF au sein des centres de contrôle.

3.1.3 Une gestion différenciée de la circulation en ligne et de la circulation locale

Du fait de cette gestion différenciée de la circulation en ligne et de la circulation locale, la méconnaissance des contraintes locales (manœuvres, stationnement) ne facilite pas les décisions de circulation. De même, l'antinomie entre la logique axiale (en voie) et la logique nodale (au niveau des gares) ne permet pas une vision globale des circulations.

3.2 UNE GESTION DES RESSOURCES HUMAINES PERFECTIBLE

3.2.1 La dualité agent circulation/régulateur

AC, CC, CCLR, DOC, CODAX, CONAT, régulateur : les différents types d'agent dédié à la gestion opérationnelle des circulations pourrait être contractés, toujours dans un objectif de réduction des flux de communication. Les fonctions régulation et aiguillage étant séparées, l'agent circulation et le régulateur assurent ces missions séparément alors qu'elles pourraient être liées.

A ce constat, s'ajoute l'importance de la masse salariale attirée aux deux fonctions, qui induit un coût de fonctionnement élevé pour l'activité exploitation ferroviaire et régulation des circulations.

3.2.2 Prégnance de la hiérarchie

Autre élément participant à la lourdeur du système actuel, la prégnance de la hiérarchie entre les différents échelons mais également au sein même du personnel (principe de subordination), peut parfois freiner la prise d'initiatives et de décisions à la base, c'est-à-dire au niveau local. Par exemple, des incidents mineurs, pouvant parfois être réglé en autonomie par un agent circulation, doit nécessiter l'intervention ou l'aval de l'échelon régional, impliquant donc à chaque évènement des pertes de temps additionnelles.

3.2.3 Un manque d'intérêt et de motivation pour la tâche

La fonction d'aiguillage, encore assurée de façon manuelle (leviers à tirer, boutons à enclencher) dans certains postes, implique des tâches souvent exécutives et répétitives, laissant peu de place à la prise d'initiatives. Certaines tâches ou certains postes en sous-charge de travail mais nécessitant une présence humaine, pouvant conduire à une démotivation ou un manque d'implication

3.3 UNE PLETHORE D'OUTILS DE COMMANDE ET DE CONTROLE

3.3.1 Une superposition des équipements

Le développement des outils de commande et de contrôle de la circulation a induit des besoins importants en termes d'écrans de contrôle et d'interfaces. Ce développement s'effectue au détriment de l'efficacité globale, du confort de travail ainsi que de l'optimisation de l'espace.

3.3.2 Des outils de commande et de contrôle statiques et sectoriels

La multitude d'outils de commande et de contrôle conduit, au même titre que le nombre de niveaux d'intervention, à une complexification de la gestion opérationnelle des circulations. De plus, leur manque d'interopérabilité, l'absence de la géolocalisation en temps réel des trains et leur spécialisation en font des outils statiques, qui multiplient les flux de données et les communications entre agents.

Enfin, la limite principale de ces systèmes d'information et de gestion des circulations ferroviaires réside dans leur inadaptation au contexte d'un réseau ouvert à la concurrence et en inadéquation avec les besoins des nouveaux entrants. Bien qu'ils soient mis à disposition des EF entrantes, cela demeure des outils qui ont été créés pour la SNCF en situation de monopole.

3.3.3 Les lacunes concernant l'information aux voyageurs

L'information aux voyageurs, qui constitue, à ce jour, une attente importante de la part de la clientèle, est dépendante, dans le cas de situation perturbée, de la bonne transmission de l'information entre les trois échelons. L'archaïsme du système actuel de communication entre agents contribue également à certains dysfonctionnements. Des échanges s'effectuent encore par téléphones portatifs, notamment entre le COGC et les agents à bord des trains. Cela nécessite donc de connaître la personne à bord et son numéro de téléphone et d'imputer du temps à cette recherche. A noter que la situation est en train d'évoluer avec l'équipement progressif du GSM-R, qui permettra de joindre directement un contrôleur de zone en fonction de sa localisation géographique (adressage selon la localisation).

Une autre des lacunes est le manque d'information en amont de la chaîne de transport : en situation nominale (attribution des quais en gare seulement 20 minutes avant l'accès aux trains) ou en situation dégradée (retards le plus souvent connus à l'arrivée en gare, peu de diversité des supports de diffusion).

3.4 L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DES SYSTÈMES

L'hétérogénéité des systèmes et des technologies employées contribue au manque de performance globale de la régulation des circulations. Cette hétérogénéité, qui tend à être exacerbée dans un contexte de développement des circulations internationales, touche plusieurs fonctions :

- la fonction aiguillage qui dispose de plusieurs technologies (mécaniques, électromécaniques, électriques et informatiques) et différents types de postes d'enclenchement (PRS, PRG, PRCI, PAI, PIPC, SEI) sur le RFN.
- La diversité de la signalisation selon le pays (Cf. Figure 13)

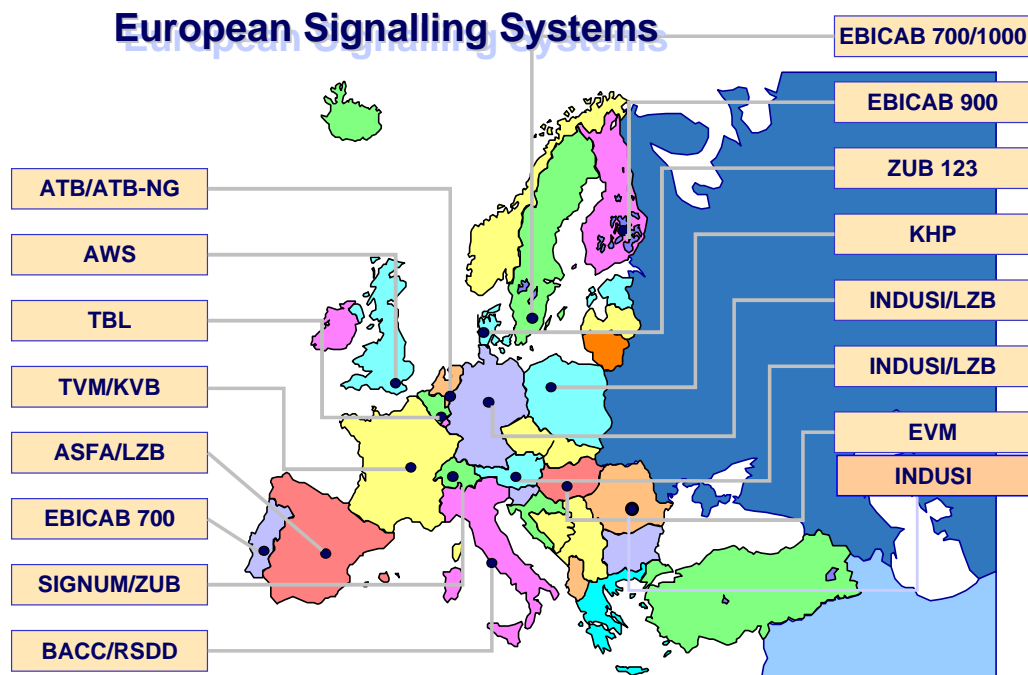


Figure 13 : Les différents systèmes de signalisation en Europe
(Source : Europa.eu)

A cela, peut également s'ajouter, la problématique de la langue pour les communications conducteur/poste de commande, mais plus largement des systèmes de communication, de la traction électrique, de l'écartement des voies, du matériel roulant...

Cette hétérogénéité des systèmes entraîne donc un manque d'interopérabilité du réseau ainsi qu'un manque d'efficacité globale.

PARTIE II :

L'ELABORATION DE

LA VISION CIBLE

1 LA CONCEPTION DE LA VISION CIBLE

L'établissement de la vision cible se base sur l'analyse des dysfonctionnements du système actuel, la prise en compte des évolutions et des nouveaux besoins à venir du système ferroviaire français et européen ainsi que sur les retours d'expérience des modèles de gestion des circulations en service aux Pays Bas, mais également en Suisse et en Allemagne.

1.1 L'ESPRIT GENERAL

La vision cible 2050 de l'exploitation ferroviaire et de la gestion opérationnelle des circulations se fonde sur :

- Les dysfonctionnements observés aujourd'hui
- Les évolutions à venir du paysage ferroviaire
- Les besoins futurs du système ferroviaire
- Les expériences dans ce domaine des Pays-Bas, mais également de la Suisse et de l'Allemagne, en avance dans la mise en oeuvre de nombreuses évolutions (ouverture à la concurrence, cadencement ou ERTMS...) et dans la mise en commande centralisées des
- L'expertise de l'ensemble des consultants du groupe ARCADIS notamment ceux d'ARCADIS NL leader aux Pays-Bas dans les domaines de l'ergonomie ferroviaire, de la signalisation, des systèmes de d'information, de communication, de commande et de contrôle du trafic

Il ne s'agit pas ici de transposer le modèle néerlandais, suisse ou allemand. En effet, des spécificités techniques, structurelles mais également culturelles implique nécessairement un modèle « sur-mesure » adapté au RFN. La culture de la ponctualité et de la rigueur suisse ne sont pas nécessairement compatible avec la culture du record, de la vitesse et de la performance française. Néanmoins, de nombreuses innovations peuvent inspirer le modèle français dans sa démarche.

1.2 LA DEMARCHE

Si, dans un premier temps, l'étude de deux scénarios contrastés (le premier au fil de l'eau et le second ambitieux) a été envisagé, le scénario 2 ambitieux et intégrant des bouleversements dans l'exploitation ferroviaire, est rapidement apparu comme le plus pertinent pour une vision cible 2050. Le point intermédiaire, réalisé auprès du commanditaire le 21 mai, a validé cette option.

Toutefois, des variantes sont envisageables sur certains aspects qui apparaîtront, le cas échéant, lors de la phase 2, comme objectivement difficilement réalisable.

1.3 LES SIX COMPOSANTES DE LA VISION CIBLE

Afin de décrire la vision cible 2050 de l'exploitation ferroviaire et de la gestion opérationnelle des circulations, six composantes ont été identifiées, en adéquation avec les attentes du commanditaire spécifiées dans le cahier des charges :

- L'**organisation générale** de la GOC et de ses activités connexes (Intervention INFRA, gestion des gares...) : définition du nombre de niveaux de gestion, des fonctions, des périmètres de gestion et des localisations
- L'**ergonomie** des centres de contrôle et l'équipement des postes : organisation des salles, configuration des postes, description des interfaces homme-machine (IHM)
- Les **outils informatiques de commande et de contrôle** : définition des fonctionnalités, principes de fonctionnement, type d'interface

- La **gestion des ressources humaines** : analyse des aspects quantitatifs (nombre d'agents nécessaires à la fonction, types d'agent) et qualitatifs (besoins en termes de qualification, de compétence métier)
- La **communication interne et externe** : transmission des flux de données et communication interne, communication externe (EF) et information aux voyageurs
- La **mission sécurité** : évolution de certaines missions (suppression, remplacement ou renforcement)

1.4 LE PAYSAGE FERROVIAIRE ENVISAGE A L'HORIZON 2050

Il convient en premier lieu de décrire le paysage ferroviaire dans lequel s'inscrit la vision cible de l'exploitation ferroviaire en 2050. Si certaines évolutions sont plus ou moins connues aujourd'hui comme la mise en CCR ou l'ouverture à la concurrence par exemple, d'autres se fondent sur des hypothèses, notamment d'accroissement du trafic ferroviaire

Le paysage ferroviaire 2050 se caractérise donc par un cadencement horaire généralisé sur le réseau structurant. Ce cadencement variera selon le type de ligne et la période du quart d'heure à deux heures. Le marché sera entièrement ouvert à la concurrence pour l'ensemble des activités. La part de marché de la concurrence est envisagée comme conséquente (environ un quart des sillons) principalement sur le fret et le transport régional. Le nombre d'EF sera important (*a minima* une cinquantaine de nouveaux entrants)

Conformément aux prévisions issues de la démarche prospective transport 2050 du Conseil Général des Ponts et Chaussées, la mobilité générale sera en légère hausse, principalement sur les trajets longues distances, et devrait profiter au ferroviaire, notamment pour les liaisons grandes lignes nationales et internationales type TGV.

L'accroissement de la commande de sillon et de leur tarif en corrélation avec la hausse du trafic, les perspectives de facturation de l'usage des voies de service, ou encore les cessations d'emprises ferroviaires à des fins de développements urbains devrait contribuer à une augmentation du budget de RFF et ainsi de la capacité d'investissement.

Du point de vue technologique, l'ERTMS 3 devrait être implémenté sur les LGV nouvelles et équiper les anciennes lors de leur renouvellement. Le GSM-R sera quant à lui déployé sur l'ensemble du réseau structurant, permettant ainsi une géolocalisation en temps réel des trains. L'ensemble des postes de commande ou de contrôle du réseau structurant sera regroupé dans les 16 CCR. Seuls les postes à l'entrée des voies de service auront été conservés, constituant un périmètre hors CCR ou une antenne.

Enfin, les périmètres non régulés du réseau secondaire demeureront gérées par des postes d'aiguillage indépendants. L'interface ligne régulée/ligne non régulée sera réduite au possible afin de minimiser les conflits éventuels. L'arbitrage pour la régulation d'une ligne s'effectuera en fonction de la densité du trafic, compte tenu de l'importance de l'investissement d'une mise en CCR.

Pour finir, afin d'assurer le développement des circulations transfrontalières, internationales et l'arrivée d'entreprises ferroviaires étrangères, un vocabulaire ferroviaire spécifique (utilisant des termes anglais ou allemand par exemple) sera développé dans le cadre d'une commission européenne.

2 LES EXPERIENCES EUROPEENNES

La réalisation d'un benchmarking de la gestion des circulations dans d'autres pays européens (Pays-Bas, Suisse et Allemagne) permettra de mettre en exergue les points forts de leur système, en vue d'inspirer la vision cible 2050. Il ne s'agit pas d'appliquer un modèle étranger au RFN, mais plutôt de bénéficier des retours d'expérience de la mise en œuvre d'innovations en matière d'exploitation ferroviaire et plus particulièrement de gestion opérationnelle des circulations.

2.1 LES PAYS BAS

2.1.1 Données de contexte

Le réseau ferré néerlandais recense environ 7 000 kilomètres de voies ferrées. La quasi totalité du réseau (6 830 km) est régulée à l'exception de deux lignes dédiées au fret à l'est du pays.

L'organisme public ProRail est le gestionnaire d'infrastructure en charge notamment de l'entretien des voies et des installations, l'allocation des capacités et la gestion de la circulation. Il dispose d'environ 4 000 employés, dont 800 dédiés à la gestion opérationnelle des circulations.

L'ensemble du réseau ferré national est ouvert à la concurrence, transport de voyageurs inclus. Outre l'opérateur historique Nederlandse Spoorwegen (NS), qui assure la majeure partie du trafic ferroviaire national, des opérateurs privés tels que NoordNed, Syntus, Connexion, ou DB exploitent également des lignes régulières.

Enfin, le réseau dispose d'un cadencement horaire généralisé.

2.1.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations

L'organisation de la gestion opérationnelle des circulations est une tâche qui incombe aux 800 agents dédiés du GI : ProRail.

Côté infrastructure, l'ensemble des commandes d'itinéraires (hors voies de service) du réseau ferré néerlandais est doté d'enclenchements motorisés et télécommandés. Comme dans les PAR français, les itinéraires sont donc tracés de manière automatique et la fonction aiguillage en situation nominale ne nécessite pas d'intervention humaine. Au Pays-Bas, le métier d'agents circulation ne distingue donc la fonction aiguillage de la fonction régulation comme en France, étant donné que la fonction aiguillage est exclusivement active dans le cadre de la mission régulation lors d'une situation dégradée.

Concrètement, la gestion du trafic s'effectue depuis 4 postes de contrôle régionaux (Cf. Figure 14) qui assure une mission de régulation, de supervision et de suivi *a posteriori* ainsi que 12 postes de commande décentralisés, répartis uniformément sur le réseau. Ces 12 postes assurent une mission de régulation des circulations sur les secteurs circulation qui leur sont attribués, en lien avec les centres régionaux lors d'incidents importants.

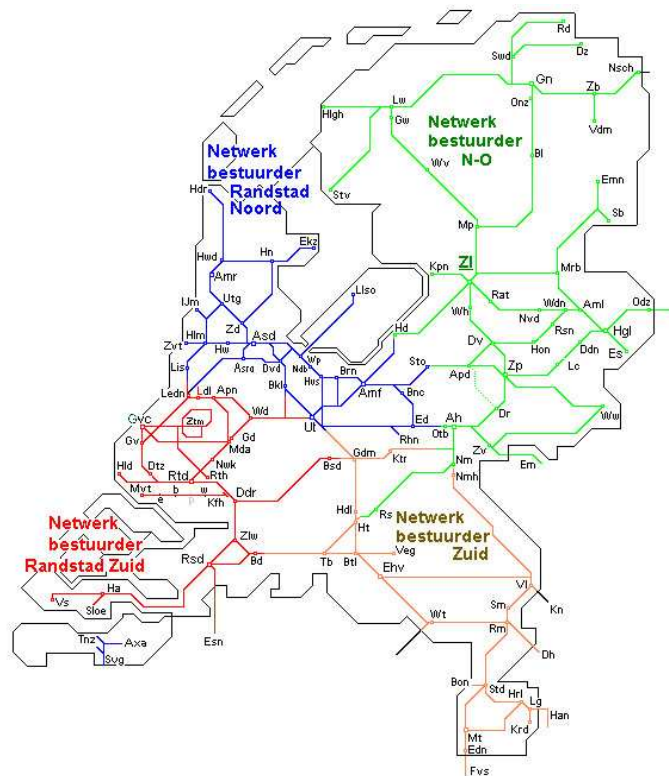


Figure 14 : Les périmètres des 4 postes régionaux de régulation
(Source : <http://www.nicospilt.com/netwerkindeling.htm> - 06/05/2010)

Il convient toutefois de noter que l'organisation actuelle va évoluer au profit d'un pilotage centralisé de la gestion des crises, sur le modèle du CNOF français. Les 4 postes régionaux ne devraient donc faire plus qu'un. Les anciennes fonctions seront réparties entre les 12 postes de commande et de contrôle et le centre national de supervision. Il en résultera donc la configuration suivante : un centre de gestion de crise et supervision d'une part puis les 12 postes de commande et de contrôle.

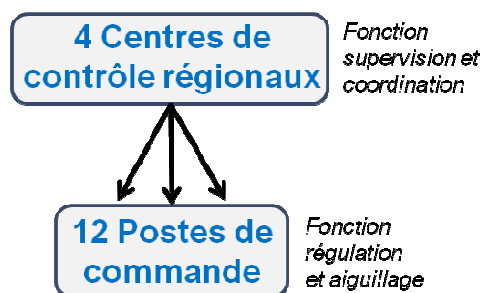


Figure 15 : Organisation de la GOC aux Pays-Bas
(Source : Guillaume Ficat-Andrieu)

Enfin, il existe un treizième poste de commande à Utrecht, inactif en situation nominale mais pouvant être activé lors d'un incident (incendie, attentats...) survenant dans l'un des douze centres du pays. Il est alors possible depuis ce centre de récupérer la gestion du trafic sur n'importe quel secteur de circulation du RFN néerlandais.

Pour les assister dans leur mission, les agents circulations disposent d'un outil intégré et standardisé qui équipe l'ensemble des postes de contrôle du RFN néerlandais. A l'inverse de la France, cet outil n'est pas composé de modules ou de sous-système mais d'un seul et même système. Une autre différence réside dans le fait que les entreprises ferroviaires ne sont pas autorisées dans les centres de commande et de contrôles. Les outils de suivi des circulations sont disponibles en lecture seule, pour les entreprises ferroviaires désireuses de suivre leur train en temps réel depuis leur siège respectif. Les entreprises ferroviaires n'ont ainsi pas besoin d'être présentes dans les centres. Elles sont averties et consultées en cas d'intervention sur leurs circulations, par contacts téléphoniques.



Figure 16 : Équipements d'un poste de commande néerlandais
(Source : ARACDIS/LOXIA)

Comme le décrit la Figure 16, cinq écrans de contrôle (de gauche à droite) composent l'équipement de chaque poste de commande :

- Un proposant les commande de régulation
- Un présentant une vue globale des horaires effectifs du réseau national
- Un offrant une vue d'ensemble du secteur circulation
- Deux permettant de zoomer sur des endroits spécifiques du secteur circulation (nœuds, embranchements...)

A ces cinq écrans s'ajoute un poste de télécommunication permettant de joindre les différents acteurs du système ferroviaire ainsi que les différentes interfaces homme machine (clavier, souris, raccourcis...)

A noter que cet équipement est standardisé à tous les types de postes, sur l'ensemble du territoire national, permettant à un agent circulations d'être opérationnel sur tous types de postes, quel que soit le centre ou son secteur circulations.

2.1.3 Points forts du modèle

- Une organisation simplifiée et contractée : deux niveaux de gestion
- Une productivité accrue : 6 000 trains/jour gérés par 800 agents
- Une configuration adaptée à un contexte multi-EF
- Un outil unique et intégré de contrôle du trafic
- Des équipements de poste standardisés

2.2 LA SUISSE

2.2.1 Données de contexte

Le réseau ferré suisse est constitué de 5063 km de voies ferrées, dont 3 681 de voies normales. Sur ce total, 3000 km de lignes sont exploitées par CFF et 2250 km de lignes exploitées par d'autres EF. Une cinquantaine d'EF exploite des trains sur le réseau. A noter qu'il n'existe pas d'exploitation mixte d'une ligne à plusieurs EF.

L'offre ferroviaire nationale est coordonnée selon le principe de l'horaire réticulé. Les horaires sont organisés autour de deux concepts : le cadencement et la correspondance (sur le modèle des hubs aériens) qui sont généralement comprises entre 2 et 12 minutes, selon la configuration des gares.

Environ 7 000 trains de voyageurs circulent quotidiennement et 2 000 trains fret, ce qui en fait le réseau le plus utilisé d'Europe (160 millions de trains-km par an). Les prévisions tablent sur une hausse de 5,5% d'ici 2014.

2.2.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations

Gérée par le département de la gestion de l'Exploitation des CFF⁴, la gestion opérationnelle des circulations sur le réseau structurant est opérée depuis 4 centres régionaux de gestion du trafic. A terme, les CFF envisagent de concentrer l'ensemble des activités au sein d'un unique centre de gestion des trafics.

Un outil de contrôle du trafic, nommé Rail Control System (RCS) assiste les agents circulations dans leur tâche. Opérationnel depuis avril 2009, cet outil a nécessité 4 ans de développement. Il se décline en 5 composantes ou sous-systèmes mais bénéficie d'une véritable approche intégrée comme le présente la Figure 17.

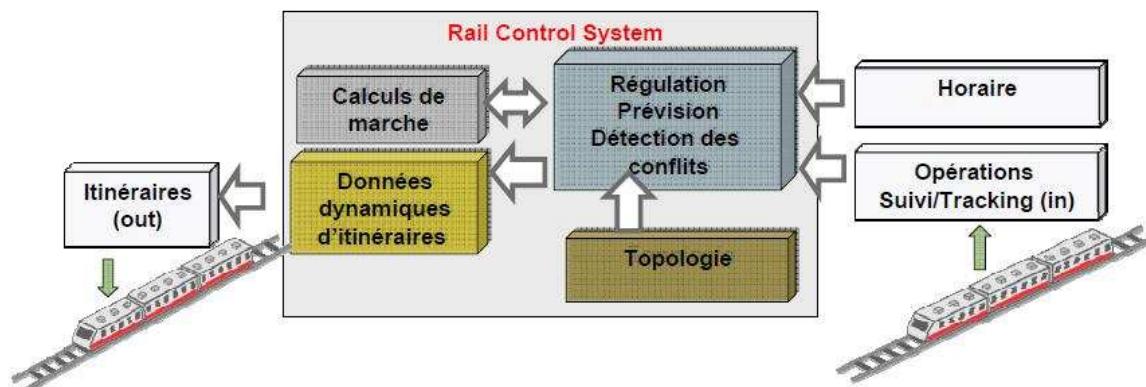


Figure 17 : Fonctionnement et architecture de l'outil RCS
(Source : SBB AG)

Les cinq modules de l'outil RCS sont les suivants :

- DISPO : informe en temps réel du statut opérationnel actuel des trains en lignes à travers un horaire-graphique et un graphique du réseau, ainsi que dans les nœuds par la représentation des GOV et du graphique des correspondances. Met à disposition les fonctions nécessaires à la régulation interactive du trafic et permet de générer des prévisions de retards, des impacts de ces derniers à l'échelle du réseau et recalcule les correspondances.

⁴ Division Infrastructure des CFF

- UNO : fournit les données topographiques et topologiques, ainsi que les systèmes de contrôle des trains
- ZLR : calcule en temps réel la marche théorique optimale
- ZLD : calcule les données d'itinéraire quotidiennes en gare et les transmet aux postes d'enclenchement régionaux
- ALEA : assiste le régulateur pour les alertes et les incidents. Il fournit en fournissant des informations en réponse aux incidents

Un agent circulation a donc trois missions principales :

- La reprogrammation des circulations en mode dégradé
- La reprogrammation des téléaffichages et diffusion de l'information (annonces sonores)
- Les opérations de sécurité sur son secteur-circulations

2.2.3 Points forts du modèle

- Suivi des trains et transmission d'information en temps réel
- Détection automatique d'incident avec génération de propositions de résolution des conflits
- Gestion systématique des correspondances et prévisions des retards
- Concentration des activités de régulation et d'enclenchement
- Information en temps réel de la régularité sur divers supports (internet, mobile)
- Absence de sectorisation technique des installations

2.3 L'ALLEMAGNE

2.3.1 Données de contexte

D'une longueur de 33 639 km, le réseau ferré national allemand compte 38 000 à 40 000 circulations quotidiennes. Le marché ferroviaire fret et voyageurs est ouvert à la concurrence et les 300 EF entrantes se partagent 21,2% des sillons (essentiellement pour les activités fret et transport régional). Le trafic ferroviaire est à la hausse à la fois pour l'activité voyageurs (+3,5%) mais également pour l'activité fret (+4,7%).

Filiale à 100% de DB AG, DB Netz est le gestionnaire d'infrastructure. La mission infrastructure est donc bien séparée de celle d'entreprise ferroviaire.

2.3.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations

La gestion opérationnelle des circulations sur le réseau principal est articulée autour de deux échelons :

- Un centre national de supervision et de gestion de crise : NLZ (équivalent CNO) à Francfort
- 7 CCR à Hanovre, Duisbourg, Francfort, Karlsruhe, Berlin, Leipzig et Munich, télécommandant 5 à 26 postes et gérant entre 4000 et 7000 km de lignes chacun.



Figure 18 : Localisation des 7 centres de régulation des lignes principales

Les EF sont représentées au sein des CCR, posant des problèmes de capacité d'accueil.

Au total, 21 000 agents sont dédiés à l'exploitation ferroviaire. Le RFN est découpé en 170 zones d'intervention pour les agents de l'INFRA.

Au niveau de l'équipement des postes, 8 écrans par opérateur sont présents : 5 pour son secteur circulation (SC), 2 pour les SC voisins, 1 pour les télécommunications ferroviaires. Les équipes sont composées d'un régulateur et de 1 à 3 AC, selon la taille et la complexité des SC. Environ 4 000 correspondances sont gérées chaque jour.

L'outil de commande et de contrôle est un système similaire à MISTRAL

A noter qu'en parallèle de cette organisation, il existe également des centres de régulation dédiés aux lignes régionales. Il subsiste également 7 000 postes d'aiguillage.

Par ailleurs, l'information visuelle et sonore en gare est gérée par DB Station, et largement automatisée. Les annonces sonores sont réservées pour les situations perturbées. Enfin, il n'existe pas d'agent dédié à la STEM, cette tâche incombant à l'ensemble des agents sur le terrain.

2.3.3 Points forts

- Une configuration en filiale optimale (DB Netz, DB Station&services)
- Taille importante des secteurs circulations
- Equipement des postes standardisé
- Capacité de l'intervention de la branche Infrastructure

3 LA DEFINITION DE LA VISION CIBLE 2050

3.1 L'ORGANISATION GENERALE

3.1.1 Les niveaux de gestion

Conformément au programme CCR, la gestion des circulations sur le réseau structurant sera répartie entre deux niveaux de gestion :

- Un centre national de supervision (le CNOF), dont les fonctions demeureront les mêmes qu'aujourd'hui : supervision et suivi des circulations sur les grands axes et à l'échelle nationale ainsi que la gestion de crise lorsque les impacts de cette dernière dépassent le périmètre de la CCR ;
- 16 postes de commande centralisés de réseau (CCR), qui assureront les fonctions aiguillages et régulations actuellement réalisées au sein de 1 800 postes d'aiguillages et des 23 COGC.

L'organigramme qui suit (Figure 19) présente l'articulation entre les différents niveaux et le rôle des différents acteurs exclusivement dédiés à la GOC.

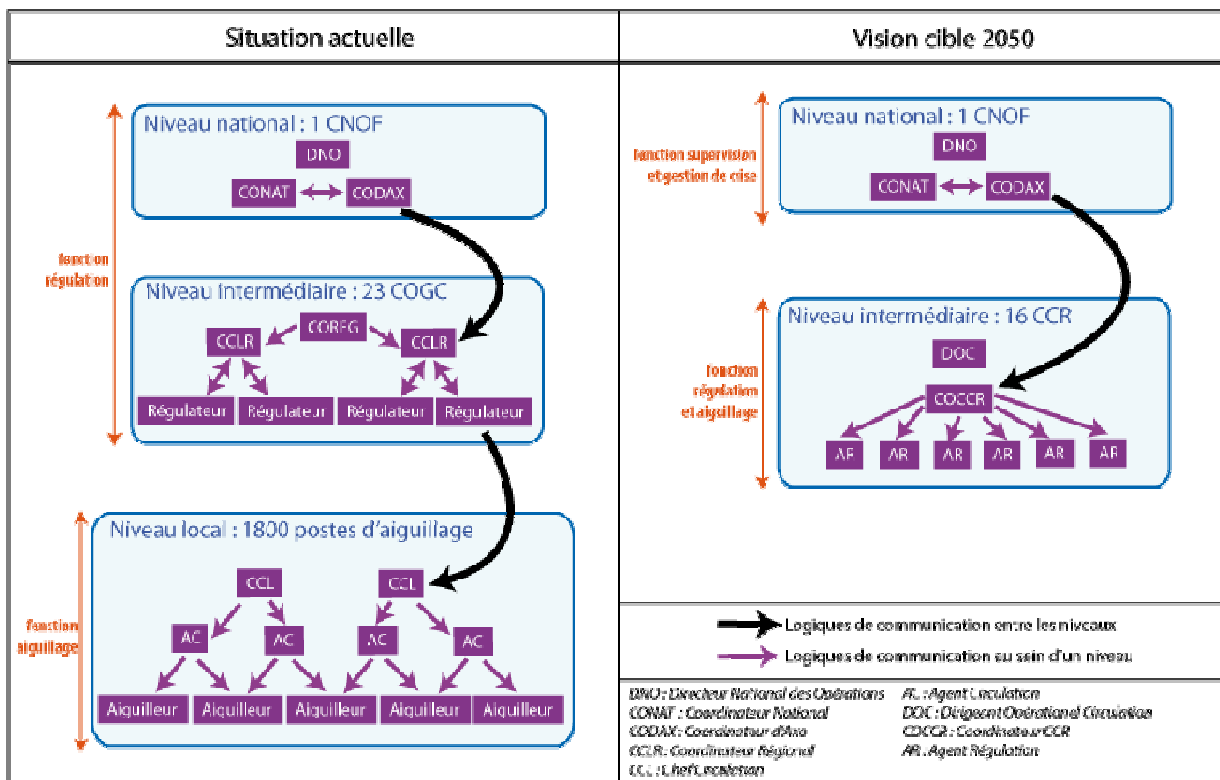


Figure 19 : Vision cible 2050 de l'organisation de la GOC (Source : Guillaume Ficat-Andrieu)

3.1.2 Les rôles et fonctions

La fonction aiguillage, au sens strict, disparaîtra progressivement au profit d'une motorisation et automatisation de la commande d'itinéraire sur l'ensemble du réseau structurant. A terme, une seule fonction subsistera : la fonction régulation. Néanmoins, la fonction aiguillage ou commande d'itinéraire subsistera en situation dégradée, lorsque, le cas échéant, un retard ou un incident impliquera une modification d'itinéraire.

Dans les CCR, l'agent aura, par conséquent, pour seule et unique mission la régulation des circulations et l'intervention en situation dégradée sur la commande d'itinéraire. Pour faciliter la compréhension, nous appellerons dorénavant cet agent : l'Agent Régulation (AR).

Par ailleurs, la distinction gestion des circulations en ligne et gestion des circulations en gare disparaîtra au profit d'une gestion intégrée.

3.1.3 Les périmètres d'intervention

Les périmètres des secteurs circulations seront élargis afin d'en réduire leur nombre. Par ailleurs, la possibilité de gérer plusieurs secteurs-circulations depuis un même poste sera rendu possible en configuration nuit durant laquelle les circulations sont moins importantes.

Les nouveaux périmètres des secteurs-circulations seront déterminés de manière à optimiser la charge de travail des AR. Pour ce faire, il pourra être utilisé la méthode ARCADIS TaskWeighing™ de calcul de la charge de travail des agents circulations⁵, qui intègre notamment une intervention sur les périmètres des secteurs-circulations.

Les entrées/sorties des circulations s'effectueront en relation avec les agents des CCR qui transmettront les autorisations d'entrée sur les lignes régulées. La distinction gestion des circulations en ligne et gestion des circulations en gare disparaîtra afin de laisser place à un système de gestion intégré.

3.1.4 L'information des EF

Si aujourd'hui les EF siègent au CNOF, cette présence semble difficile à maintenir dans le cas de la vision cible pour laquelle une cinquantaine d'EF est présente sur le marché français. Afin d'assurer le principe de transparence et d'égalité de traitement, imposés par l'Union Européenne, cette présence ne sera plus tolérée afin de garantir une totale indépendance de la DCF.

Afin de pouvoir suivre leur propre circulation en temps réel, les EF auront la possibilité d'installer leur propre centre de suivi au sein de leurs locaux. Elles disposeront des mêmes outils que les AR dans les CCR en lecture seule (pas d'action de régulation possible) et bénéficieront de cette manière du même niveau d'information.

En situation dégradée, toute intervention sur les circulations du type garage, remorquage, transbordement, nécessitera d'avertir au préalable l'entreprise concernée. Pour ce faire, l'AR pourra rentrer en communication avec un responsable de l'entreprise dont le rôle aura été défini en amont. En cas de situation de conflit entre deux circulations d'EF différentes, l'AR devra arbitrer selon des règles précises qu'il conviendra d'établir en concertation avec les différents acteurs (DCF, EF, ARAF, EPSF...).

Nous proposons de développer les modes et les règles d'arbitrage en phase 2. Une démarche participative basée sur une série d'entretiens avec les différents acteurs pourrait constituer la base de cette réflexion.

⁵ Méthode détaillée dans la partie 3.4.1 Gestion des Ressources Humaines, aspects quantitatifs

3.1.5 La gestion des gares

La gestion des gares sera toujours assurée par Gare&Connexion qui aura comme responsabilité la gestion des bâtiments voyageurs (entretien, maintenance), les services en gare et la commercialisation des titres.

Gare&Connexion n'interviendra donc pas dans la GOC. Seul RFF et la DCF seront maîtres de l'affectation des voies : RFF en amont dans la constitution des horaires annuels qui intégreront les GOV, et la DCF pour les modifications de dernières minutes en situation perturbée.

Quant à l'information des voyageurs en gare, elle sera essentiellement assurée par une fonction automatique du nouvel outil ARC⁶ mis en place. Un membre de la DCF (gestionnaire de gare) sera en poste dans toutes les grandes gares afin d'assurer une fonction de veille. Il aura pour mission notamment d'assurer le relais entre les AR et la gare en cas d'incident important. L'information sonore et visuelle dans les PANG sera automatisée et effectuera notamment l'annonce des trains sans arrêts.

Au même titre que Gare&Connexion, les escales n'interviendront pas dans la GOC et assureront une mission d'accueil et de prise en charge des voyageurs.

3.1.6 L'intervention des agents infrastructures

Lors d'un incident, la capacité d'intervention et l'organisation des agents infrastructures conditionne fortement la durée de résorption d'un incident. Si aujourd'hui, les périmètres d'intervention des agents de l'INFRA diffèrent selon le domaine d'intervention (Télécom, Caténaire, Voie...), une uniformisation des périmètres pour toutes les fonctions permettrait de simplifier l'organisation en vision cible.

La définition d'équipes d'intervention sur le modèle allemand, placées sous l'autorité des CIL (Chefs d'Incident Locaux) et dédiées à un secteur circulation, pourrait contribuer à la rapidité d'arrivée sur les lieux.

3.1.7 La régulation de l'énergie

La régulation de l'énergie par les agents E, dans les Centrales Sous-Station (CSS) est une fonction qui peut être en interaction avec les fonctions aiguillage et régulation, notamment lors d'incident de type rupture de caténaire, ou lors des plages de travaux/maintenance. Aujourd'hui, dans certains postes, des AC sont parfois chargés de la régulation de l'alimentation électrique des caténaires.

Il est par conséquent possible de s'interroger sur un rapprochement ou une fusion possible de ces fonctions. Toutefois, étant donné la faible occurrence des interactions, cette séparation persistera dans la vision cible. En effet, dans le cas d'une fusion des fonctions, la charge de travail ne pourrait être assumée par un seul l'AR. Plus encore, la spécificité des deux métiers implique certaines incompatibilités aussi bien en termes de compétences que de qualifications ou certifications requises.

3.2 LES EQUIPEMENTS ET L'ERGONOMIE

L'ergonomie générale des lieux et l'ensemble des équipements des postes de travail ont été guidés par une valeur clé :

“Un design centré sur l'humain, adapté aux fonctions, flexible et durable pour de meilleures performances”.

⁶ Cf. partie 3.3 Les outils de commande et de contrôle

Différents éléments sont à la base du concept :

- Des postes flexibles à configurations multiples
- Une localisation adaptée selon les fonctions et la géographie
- Un équipement standardisé pour tous les types de poste
- Un confort d'utilisation et une maintenance facilitée
- Une identité visuelle personnalisable

De manière concrète, la configuration de la salle devra être en adéquation avec la géographie des secteurs-circulations. Ainsi, les secteurs-circulations ayant des interactions communes devront se trouver à proximité afin de faciliter la communication entre AR.

Les postes se veulent modulaires afin de pouvoir assurer une flexibilité dans le passage entre la configuration classique le jour, réduite la nuit et les configurations de gestion d'incident.



Figure 20 : Vue globale sur le poste de commande du futur
(Source : ARCADIS)

Le design intérieur et extérieur pourra acquérir une identité propre grâce à une signature ou une couleur locale pour favoriser l'appropriation des locaux, l'esprit d'équipe et la motivation des effectifs.

Un ajustement optimal de l'ensemble des éléments (siège, console, écran) participera au confort de travail des AR. Enfin, la possibilité de maintenir les postes par l'arrière garantira la non-interruption du processus de GOC pour la réalisation de tâches courantes.



Figure 21 : Vue intérieure du poste de commande du futur
(Source : ARCADIS)

La vision cible intègre également une évolution de l'IHM vers la technologie tactile. Un large écran tactile remplacera donc la multitude d'écrans et les différentes interfaces nécessaires aujourd'hui. Ce nouvel IHM a comme principale vocation d'améliorer le confort de travail des agents circulations dans l'accomplissement de leur tâche.

La transition vers ce type d'écran, leurs fonctionnalités, et les gains attendus par leur mise en service pourront être détaillés en phase 2.

Le TCO sera quant à lui, définitivement abandonné au profit d'un ou plusieurs triangle de trois écrans plats, disposés au centre de la pièce en hauteur, afin d'être visible depuis tous les postes. Ces derniers déclineront la situation des circulations au niveau régional ou national.

Enfin, dans un souci de confort et de modularité, un concept de plateau de crise en station debout (Cf. Figure 22) sera disponible pour toute situation le nécessitant.



Figure 22 : Le plateau de gestion de crise du poste de commande du futur
(Source : ARCADIS)

3.3 LES OUTILS DE COMMANDE ET DE CONTROLE

L'analyse des outils informatiques actuellement utilisés pour la gestion opérationnelle des circulations a mis en évidence la nécessité de disposer d'un outil intégré, bénéficiant d'une approche « système » et combinant les fonctions aiguillage et régulation.

L'outil ARC (Aiguillage et Régulation des Circulation) doit donc répondre à ces enjeux en proposant un outil unique (absence de sous-système ou composante), regroupant toutes les fonctions nécessaires à l'agent circulation et intégrant des innovations notamment en matière de communication interne et externe.

Les principales fonctionnalités de l'outil ARC sont les suivantes :

- Suivi en temps réel et géo-localisation des trains
- Calcul automatique des prévisions de retards et des correspondances
- Transmission des données en temps réel sur l'ensemble des postes
- Combinaison de fonctions assistées et automatiques de régulation
- Diffusion automatisée, en temps réel des informations sur supports multiples (affichage en gare et dans les trains, Internet, Smartphone, alerte sms...)

Cet outil sera standardisé : il équipera l'ensemble des postes de commande avec la même composition (nombre d'écran, micro...). En outre, les mêmes équipements seront mis à la disposition des entreprises ferroviaires en lecture seule, leur permettant ainsi de suivre leurs trains en temps réel. Son fonctionnement est décrit en Figure 23 :

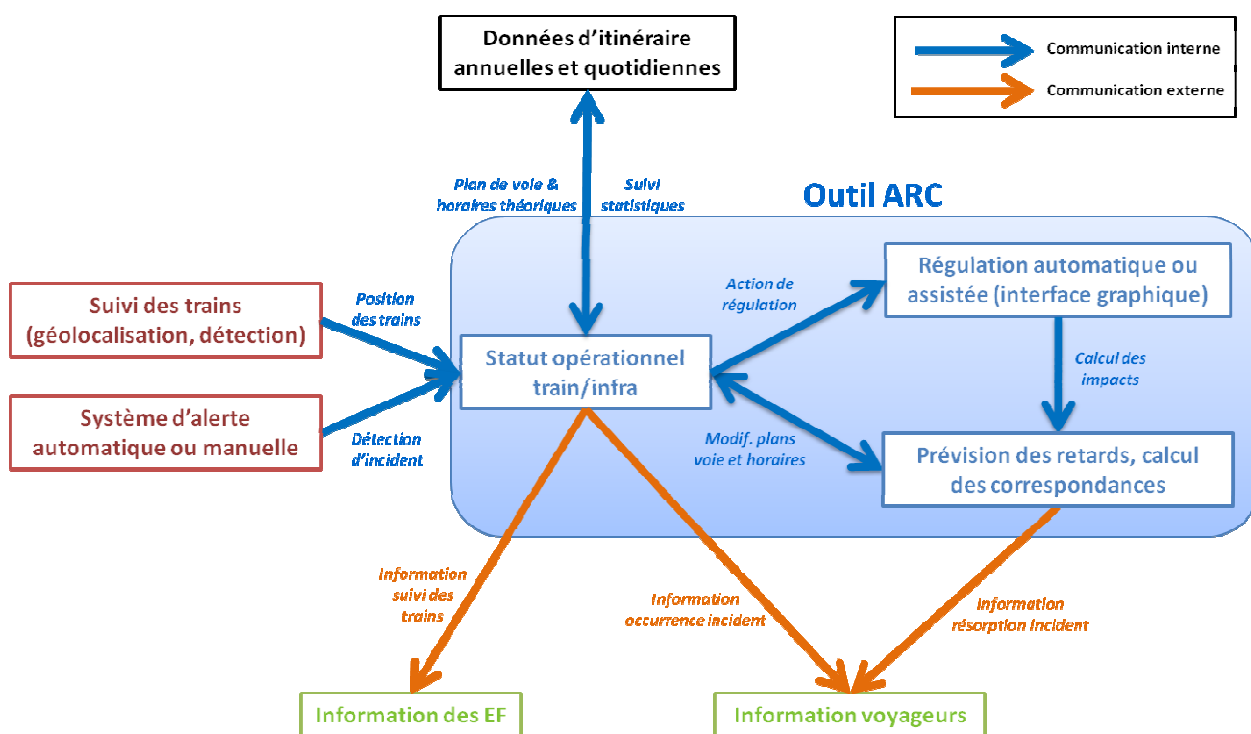


Figure 23 : Fonctionnement et fonctionnalités de l'outil ARC
(Source : Guillaume Ficat-Andrieu)

La faisabilité de la transition entre le modèle actuel et l'outil ARC pourra être étudiée en phase 2. Cette étude nécessite une connaissance fine et exhaustive du fonctionnement opérationnel des différents outils, utilisés à l'heure actuelle. L'expertise et le savoir-faire des consultants d'ARCADIS NL ayant participé à la mise en service d'un type d'outil similaire pour le compte de ProRail pourra s'avérer déterminante pour mener à bien cette réflexion.

3.4 LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

3.4.1 Les aspects quantitatifs

Dans un objectif d'efficacité globale du système et d'optimisation des moyens, les effectifs dédiés à la GOC seront réduits de manière importante, en lien notamment avec la disparition de la fonction aiguillage. Outre l'activité générée par la mise en CCR, de nouveaux emplois liés à la régulation ainsi qu'à l'entretien et la maintenance des automatismes seront créés par ailleurs.

Concernant le nombre d'agent nécessaire pour assurer la GOC en vision cible, la méthode ARCADIS TaskWeighing™, précédemment citée, permet d'évaluer la charge de travail des agents dans les postes à partir d'une formule fondée sur l'attribution de points pour une charge donnée. Cette méthode, éprouvée aux Pays-Bas⁷, fait actuellement l'objet d'une étude pour RFF. Testé sur trois postes lyonnais Lyon Guillotière 3 & 4 et Lyon Part-Dieu, elle a été jugée « parfaitement adaptée » au projet CCR par RFF.

⁷ Le modèle a été développé aux Pays-Bas, dans les années 90, pour prévoir le nombre d'agents nécessaires au passage d'un système mécanique à un système numérique. S'appuyant sur deux années de développement et une démarche participative en lien avec les agents, il a permis la mise en place d'une nouvelle organisation (passage de 3 à 2 niveaux), une réduction du nombre de postes (de 44 à 13 postes) et le chiffrage des gains de productivité.

A dire d'expert, environ 2 000 AR seraient nécessaires en situation cible pour assurer la mission GOC au quotidien. Cette estimation pourra être affinée en phase 2 lorsque la méthode aura été complètement adaptée au contexte français et implémentée à plus large échelle.

Sur 40 ans, cette réduction de 6 000 agents pourrait facilement être amortie par un plan RH adapté.

En outre, la réduction des effectifs s'accompagnera d'une contraction des fonctions, de manière à aboutir à un type unique d'agent en charge de la régulation (Agent Régulation - AR) encadré par un coordinateur CCR, qui supervisera la GOC sur le périmètre CCR. Enfin, un dirigeant opérationnel (DOC), aura pour mission le management des équipes et la gestion des crises sur le modèle du Directeur National de Crise (DNO) du CNOF au niveau national.

3.4.2 Les aspects qualitatifs

En parallèle de la réduction des effectifs, de nouvelles compétences « métier » seront à assimiler eu égard à la fusion des fonctions aiguillage et régulation. Les tâches de simple exécution (enclenchements des aiguillages par exemple) disparaîtront progressivement.

Une qualification unique sera requise pour les agents régulateurs afin de simplifier la répartition de la charge de travail, l'interopérabilité et la mobilité. Cette qualification sera callée sur le niveau actuel d'un chef circulation (CCL).

La tâche d'un agent régulateur nécessitera des qualités d'anticipation, de réactivité et d'autonomie afin de maximiser la rapidité de retour à situation nominale. L'agent devra donc être pro-actif et prendre en charge un incident, de sa détection jusqu'à sa résorption.

Ces nouveaux aspects vont dans le sens d'une responsabilisation et d'un gain d'autonomie des agents, participant ainsi à une motivation et un intérêt accrus pour la fonction. Cet intérêt et cette implication doivent servir de levier à l'efficacité des agents dans leur tâche quotidienne.

3.5 L'INFORMATION ET LA COMMUNICATION

3.5.1 La communication interne

L'efficacité de la communication interne entre agents et de la transmission de données constitue un des principaux leviers à l'efficacité globale du système de gestion opérationnelle de circulation ainsi qu'à une résorption rapide des incidents.

Sur la base des observations effectuées lors d'une comparaison des communications à Vierzon/Amersfoort⁸, les réflexions concernant la vision cible 2050 intègrent :

- Une réduction quantitative des flux de communication « naturelle » grâce à la réduction du nombre de secteurs-circulations et d'agents
- Une amélioration des moyens de communication permise par l'outil intégré ARC
- Une rapidité dans la transmission de données, accessible depuis n'importe quel poste
- La généralisation du temps réel

⁸ Cf. Annexe 4 : Comparaison des logiques de communication entre Vierzon et Amersfoort dans le cadre des études préliminaires pour la mise en CCR de la gare de Vierzon, 2007, p73

Les différents leviers qui contribueront à améliorer les communications entre agent sont les suivants :

- Le regroupement en CCR
- La suppression d'un niveau de gestion
- La fusion des fonctions aiguillage et régulation
- Un seul type d'agent en charge de la GOC : l'Agent Régulation
- La configuration des salles : proximité des agents
- L'ergonomie des postes amélioration de l'IHM
- Le nouvel outil ARC en temps réel

3.5.2 La communication externe

Afin de répondre à une des nouvelles attentes des usagers, l'information aux voyageurs doit nécessairement être améliorée, à la fois en situation nominale et en situation dégradée. Sur la base des nombreuses innovations observées sur les réseaux ferrés suisse, allemand ou néerlandais, mais également dans le milieu des transports urbains, de nouveaux standards doivent être appliqués à l'horizon 2050 :

- La généralisation de l'information en temps réel pour les voyageurs
- La diversification des supports de communication
- Des horaires, des affectations de quais et de matériels roulants simplifiés et définis annuellement (modifiés uniquement en cas de situation dégradée)
- Une prévision des retards et des correspondances en situation dégradée
- Une information multimodale intégrant l'ensemble des modes pouvant composer la chaîne de transport

Pour répondre à ces objectifs, les fonctionnalités de l'outil ARC doivent permettre :

- Une automatisation des annonces visuelles (en gare et dans les trains) et sonore
- Un affichage des correspondances dans les trains, corrigé en temps réel lors des situations dégradées, grâce à l'outil ARC. *A minima*, les correspondances train/train avec indication des retards, pour les RER et les TER au sein des PTU, les correspondances planifiées voire en temps réel si une interface est créée avec le système du réseau urbain. Les transports urbains pourront quant à eux intégrer l'information livrée par ARC en temps réel (méthode implémentée à Zurich comme le présente la Figure 24).

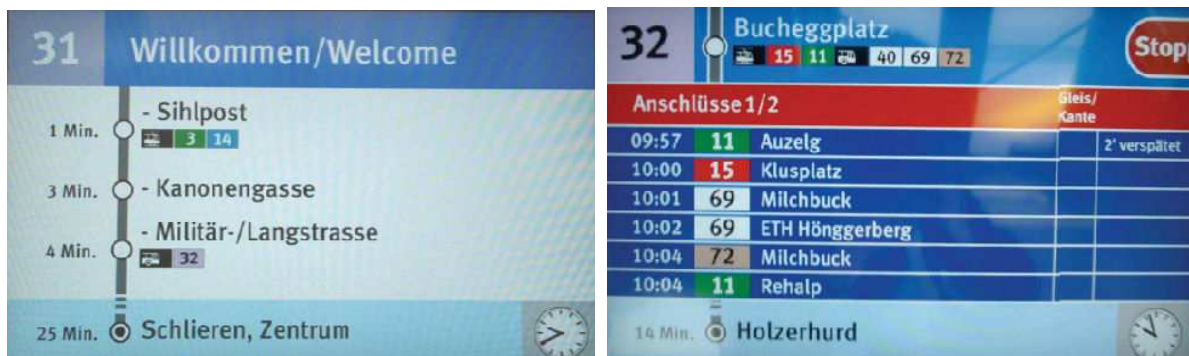


Figure 24 : Affichage des temps de parcours (à gauche) et des correspondances en temps réel (à droite) des bus à Zurich (Source : CERTU)

- Une diffusion multi-supports : écrans embarqués, internet, smartphone, alerte sms, centre d'appel, radio, flash tv... (Cf. la visualisation des trains au départ par gare sur le site internet des NS : horaires, quais et retards, Figure 25)

Tijd	Naar	Spoor	Via	Reisdetails
15:54 + 21 min.	Schiphol	7	Hilversum, A'damZuid	Intercity
15:56	Amersfoort Vathorst	4a		Sprinter
15:58	Barneveld Centrum	4b		Stoptrein
15:59	Enkhuizen	7	Hilversum, Amsterdam C, A'dam Sloterdijk	Intercity
16:03 + 4 min.	Leeuwarden	4a	Zwolle, Steenwijk, Heerenveen	Intercity
16:04	Amersfoort Schothorst	5B		Intercity
16:06	Amsterdam Centraal	7	Baarn, Hilversum, Naarden-B	Sprinter
16:07	Enschede	1	Apeldoorn, Deventer, Almelo	Intercity
16:08	Groningen	2	Zwolle, Assen	Intercity , Stopt vanaf Zwolle op tussengelegen stations
16:11	Ede-Wageningen	4b		Stoptrein
16:11	Rotterdam Centraal	5a	Utrecht C, Gouda, R'dam Alexander	Intercity
16:13 + 6 min.	Zwolle	2	Harderwijk	Stoptrein
16:16 + 19 min.	Utrecht Centraal	7	Den Dolder, Utrecht Overv	Stoptrein
16:19	Deventer	1	Apeldoorn	Intercity

Figure 25 : Extraction du programme Internet d'information aux voyageurs (Source : www.ns.nl)

Ces changements impliquent :

- Une uniformisation des systèmes d'information : entre les EF (pour les équipements des trains par exemple) entre le domaine des transports urbains et celui du ferroviaire (afin d'autoriser la compatibilité et la transmission des données). Un standard à l'échelle nationale ou européenne (sur le modèle de l'ERTMS) pourra être créé, ainsi que des spécifications techniques d'interopérabilité (STI)
- Un équipement standardisé de moyens de diffusion en gare et dans les trains mais également pouvoir permettre à l'utilisateur de recevoir de l'information sur tous les types de téléphone mobile par exemple

3.6 LA MISSION SECURITE

Les multiples évolutions proposées vont profondément affecter le système ferroviaire dans son fonctionnement quotidien. Toutefois, l'ensemble de ces propositions ne s'effectueront pas au détriment de la sécurité selon le principe GAME (Globalement au moins équivalent)⁹.

Toutefois, la sécurité ferroviaire va également subir des évolutions comme :

- L'automatisation croissante des fonctions de nature à réduire l'erreur humaine
- L'homogénéisation des équipements afin de simplifier les circulations internationales, l'arrivée des nouveaux entrants et les procédures en général

Les missions classiques de contrôle et d'alarme type DBC, DVL, compteur d'essieu, portiques, ne disparaîtront pas mais seront délocalisées et centralisées dans les CCR. Chaque agent veillera donc sur ces alarmes au sein de son secteur-circulations.

L'annonce des trains sans arrêt sera automatisée au même titre que les annonces sonores et visuelles en gare.

En s'intéressant au cas de la STEM (Surveillance des Trains En Marche), il apparaît inévitable que certaines missions « sécurité » doivent évoluer. Par exemple, cette fonction pourrait progressivement être remplacée, et partagée entre l'ERTMS 3, la vidéosurveillance et l'implication de l'ensemble des acteurs ferroviaires (conducteurs, personnel en gare, sur les voies) et non attitrés à la fonction.

Enfin, le double contrôle signalisation/hommes sera maintenu afin de garantir une sécurité optimale.

⁹ Principe consacré par le décret n°2003-425 du 9 mai 2003 relatif à la sécurité des transports publics guidés (article 5). *Tout nouveau système de transport public guidé, ou toute modification d'un système existant, est conçu et réalisé de telle sorte que le niveau global de sécurité à l'égard des usagers, des personnels d'exploitation et des tiers soit au moins équivalent au niveau de sécurité existant ou à celui des systèmes existants assurant des services comparables. »*

BILAN ET PERSPECTIVES

Les grands principes de la vision cible 2050

La vision cible 2050 de la gestion opérationnelle des circulations peut se résumer à travers les grands principes suivants :

- Une fonction aiguillage entièrement informatisée et automatisée
- Une organisation contractée à deux niveaux
- Un élargissement des périmètres des secteurs circulations
- Une gestion intégrée des circulations en ligne et en gare
- Une minimisation du nombre de périmètres non télécommandés et de leur interface avec les périmètres CCR
- Des interfaces voies de service/voies principales optimisées
- Une évolution qualitative (écrans tactiles) et quantitative (diminution du nombre d'écrans) de l'IHM
- Un nouvel outil ARC bénéficiant d'une approche « intégrée » et « temps réel »
- Une réduction des effectifs dédiés à la GOC
- Une contraction des types d'agents et une évolution des qualifications
- Une communication interne et externe améliorée grâce à l'outil ARC et aux contractions réalisées (organisation, effectifs, rapprochements géographiques)
- Une mission sécurité GAME

Les bénéfices du nouveau système

Si l'élaboration d'une vision cible, c'est-à-dire la définition d'un horizon, ne se prête pas aux analyses habituelles type AFOM (Atouts Faiblesses Opportunités Menaces) ou multicritères, il est toutefois possible d'identifier les bénéfices qui seront apportés à un tel horizon.

En effet, les dynamiques externes comme les opportunités et les menaces sont parties intégrantes de la vision. De plus, la construction d'une vision cible relève plus d'une projection dans le futur que d'une construction de scénarios optimaux de développement.

Pour le gestionnaire d'infrastructure RFF

Pour le gestionnaire d'infrastructure RFF, la vision cible 2050 offrira :

- La maîtrise de l'ensemble du processus de la GOC ;
- Des gains de productivité ;
- Une stabilité des coûts d'exploitation ;
- Des économies financières ;
- Des économies de moyens humains et matériels ;
- Des gains en capacité (sillons) et en infrastructure ;
- Une efficacité globale du système.

Pour les entreprises ferroviaires

Pour les entreprises ferroviaires, opérateurs historique comme nouveaux entrants, cette vision cible permettra :

- Le respect du principe de transparence et égalité de traitement respecté ;
- La prévision et réduction de l'impact des incidents ;
- Une meilleure ponctualité et régularité des circulations ;
- Un suivi en temps réel des circulations depuis leur siège respectif ;
- L'avertissement préalable en cas d'intervention sur leurs circulations ;
- Un arbitrage neutre en cas de conflit entre circulations.

Pour les voyageurs

Enfin, pour le voyageur, cette vision cible 2050 permettra en situation nominale :

- L'amélioration de l'information en gare et dans les trains ;
- Le développement de nouveaux systèmes support d'information ;
- L'information en temps réel.

En situation perturbée, elle offrira également :

- Une information en temps réel ;
- Une prise en charge plus rapide des incidents ;
- Une réduction de la durée des retards ;
- Une information en amont de la chaîne de transport.

Les investigations supplémentaires envisageables

L'élaboration de cette vision cible 2050 constitue un support pour les réflexions à venir concernant le développement du réseau et son devenir. Toutefois, des investigations supplémentaires permettront de valider ou d'invalider certaines propositions inhérentes à l'évolution de certaines fonctions, parmi lesquelles :

- La faisabilité de la mise en place de l'outil ARC après une étude plus approfondie du système actuel, notamment pour les données en « input » et en « output » de l'outil nécessitant un degré d'uniformisation important
- Une analyse approfondie des aspects quantitatifs RH : calcul du nombre d'agents nécessaire par utilisation de la méthode ARCADIS TaskWeighing™ sur chaque région CCR
- Une redéfinition des périmètres des secteurs circulations également permise grâce à la méthode ARCADIS TaskWeighing™
- La définition des règles d'arbitrage en cas de conflit de circulation
- Une réflexion autour de la langue à utiliser dans un contexte de réseau ferré européen
- Le calcul des bénéfices apportés par les écrans tactiles

Les limites de l'exercice

Une des principales limites de cet exercice de définition d'une vision cible, pour un horizon aussi lointain que 2050, réside dans la difficulté de la prise en compte de la faisabilité des propositions. Ces dernières devant être suffisamment ambitieuses compte tenu de l'échéance de 40 ans mais pas pour autant irréalistes ou irréalisables.

Si pour un technicien ou un opérationnel, il est très difficile de passer outre les contraintes techniques du quotidien, la force d'un bureau d'étude est justement de pouvoir apporter ce contre regard et cette vision extérieure.

Si aucune des propositions de la vision cible n'apparaissent comme irréalistes, la faisabilité de certaines peut toutefois être validée ou invalidée par des études plus approfondies de leur mise en œuvre.

Dans tous les cas, la faisabilité est étroitement liée au montant des investissements qui seront alloués à leur réalisation.

Enfin, cette vision a été établie sur la base de visites de sites et d'un seul aller-retour avec le commanditaire RFF. Il n'est en aucun cas le fruit d'une concertation avec les acteurs et protagonistes du processus : le personnel de la DCF, les agents de l'INFRA... Une démarche participative permettant de valider l'adhésion des acteurs à un projet se serait avérer plus efficace en termes de résultat, mais aurait nécessité une durée plus longue d'investigation et donc un budget plus important ainsi que des autorisations préalables difficiles à obtenir dans un contexte social houleux.

Les enseignements

En premier lieu, il convient de souligner le tournant majeur apporté par cette réflexion engagée par RFF dans la manière de gérer le réseau ferré national. En effet, la démarche prospective et en rupture avec l'existant de ce projet de recherche se veut novatrice. Jusqu'alors, toutes les études ou projets, y compris le projet CCR qui doit pourtant aboutir en 2030, proposaient des interventions sur le système actuel se basant par conséquent sur des technologies obsolètes, datant parfois de plusieurs décennies. Cette rupture avec l'existant permet de trancher avec la technologie actuelle qui atteint aujourd'hui ses limites, notamment en termes de capacité, et de proposer un système adapté à la densité des circulations à venir.

La commande de ce projet de recherche par RFF témoigne donc d'une volonté d'en finir avec une vision court terme qui à long terme prévalait, proposant des programmes de gestion des infrastructures au jour le jour et de saupoudrage des investissements sur le RFN.

Ainsi, en s'interrogeant sur la situation de 2050, RFF se donne les moyens d'anticiper les besoins du long terme, mais également de se projeter vers un système nouveau tranchant avec l'actuel et passant outre les invariants structurels auxquels il est confronté aujourd'hui.

La vision se veut également globale à l'échelle du réseau principal (14 000 km) et non plus au coup par coup, à l'échelle d'une seule ligne voire d'un tronçon. De plus, l'approche intègre une dimension transversale à travers l'étude de six composantes, ce qui mérite d'être remarqué dans un système aussi sectoriel et cloisonné que le ferroviaire.

Pour finir, il convient également de noter que cette étude porte sur des thématiques jusqu'à aujourd'hui jamais traitées par des entités extérieures à la SNCF ou à RFF comme le calcul de la charge de travail dans les postes, l'ergonomie ou les outils informatiques de commande et de contrôle, toutes développées en majorité en interne par la SNCF.

GLOSSAIRE

AC : Agent Circulation
AFOM : Atouts Forces Opportunités Menaces
ARAF : Autorité de Régulation des Activités Ferroviaires
BREHAT : Base de Résultats Habiles à d'Autres Taches
CK : contrôle de commande
CCL : Chef Circulation
CCR : Commande Centralisée de Réseau
CFF : Chemins de Fer Fédéraux
CIL : Chef d'Incidents Locaux
CNOF : Centre National des Opérations Ferroviaires
COGC : Centre Opérationnel de Gestion des Circulations
CSS : Central Sous-Station
DB : Deutsche Bahn
DBC : Détecteur de Boite Chaude
DCF : Direction des Circulations Ferroviaires
DNC : Directeur National de Crise
DNO : Directeur National des Opérations
DVL : Détecteur de Vents Latéraux
ECR : EuroCargo Rail
EF : Entreprise Ferroviaire
EPSF : Etablissement Public de Sécurité Ferroviaire
ERTMS : European Rail Traffic Management System
ETCS : European Train Control System
HOUAT : HOraires Utiles A Tous
GALITE : Graphiques Automatiques, Liés à l'Infrastructure des Trains en Exploitation
GAME : Globalement Au Moins Equivalent
GI : Gestionnaire d'Infrastructure
GID : Gestionnaire d'Infrastructure Délégué
GOC : Gestion Opérationnelle des Circulations
GOV : Graphique d'Occupation des Voies
GPM : Grand Port Maritime
GSM : Global System for Mobile communications
GSM-R : Global System for Mobile communications - Railways
IHM : Interface Homme Machine

IPCS : Installation Permanente de Contre-Sens

ITE : Installation Terminale Embranchée

LGV : Ligne à Grande Vitesse

MISTRAL : Module Informatiques de Signalisation, de Transmission et d'Alarmes

NS : Nederlandse Spoorwegen (Chemins de Fer Néerlandais)

OFP : Opérateur Ferroviaire de Proximité

OLERON : Outil Local pour l'Exploitation et la Régulation des circulations

PAR : Poste d'aiguillage et de régulation

PN : Passage à Niveau

PRCI : Poste à Relais et à Commande Informatique

RCS : Radio Control System

RFF : Réseau Ferré de France

RFP : Réseau Ferré Portuaire

RFN : Réseau Ferré National

SBB : Schweizerische BundesBahn

SC : Secteur-Circulation

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer

STEM : Surveillance des Trains En Marche

STI : Spécification Technique d'Interopérabilité

TCO : Tableau de Contrôle Optique

TER : Train Express Régional

TGV : Train à Grande Vitesse

VUT : Voie Unique Temporaire

BIBLIOGRAPHIE

Rapports d'étude ou de recherche

Conseil Général des Ponts et Chaussées (2006), *Démarche Prospective Transport 2050 : éléments de réflexion*, 54 p.

SETRA (2009), *Le transport ferroviaire de voyageurs sur le réseau ferré national : exploration d'un système complexe*, 93 p.

EPFL (1995), *Système d'exploitation et régulation ferroviaire*, Institut des Transports et de la Planification, 32 p.

EPFL (1994), *Organisation des circulations ferroviaires*, Institut des Transports et de la Planification, 24 p.

Articles de revue spécialisée

GARDE Alain, *Le Centre National des Opérations Ferroviaires de la SNCF*, in Revue Générale des Chemins de Fer, février 2010, pp. 4-14

GAUYACQ Daniel, *Outils d'aide à la supervision et à la gestion en opérationnel des circulations*, in Revue Générale des Chemins de Fer, n°143, octobre 2005, pp. 25-44

JOUSSET Jean-Marc, *Système d'information et gestion des circulations ferroviaires*, in Revue Générale des Chemins de Fer, décembre 2004, pp. 11-23

LAMMING Clive, *Destination 2050 : le futur visage du réseau français*, in Les trains du XXI^e siècle, Edition Spéciale Science et Vie, mai 2003, pp. 83 - 96

POINGT Marie-Hélène, *La communication à l'épreuve de la crise : gérer l'information en situation perturbée*, in Ville Rail et Transport, n°494, 21/04/2010, p p. 35-42

RFF, *Circulation des trains, une nouvelle vision du réseau ferroviaire*, in Lignes d'avenir n°3, le magazine de RFF, juillet 2008, pp. 05-09

ROYER Christophe et CHEZROUSE Bernard, *L'exploitation ferroviaire : les contraintes du système et la performance des hommes*, in Revue Générale des Chemins de Fer, n°162, juin 2007, pp. 35-42

VALIN Muriel, *Gestion des circulations*, in Les trains du XXI^e siècle, Edition Spéciale Science et Vie, mai 2003, pp. 97 - 104

Publications

RFF (2010), Annexe 5 : dispositions relatives à la gestion des circulations sur le réseau ferré national, in *Document de référence du réseau ferré national : horaire de service 2010-2011*

RFF, *Présentation officielle de la Commande Centralisée du Réseau Rhône-Alpes*, dossier de presse, 14 juin 2010

PRORAIL (NL), *Network Statement 2010, Combined Network based on the Railways Activities*, décembre 2008

Conférences

VOLCKER Marcus (SBB) et CASANDEY Eric (SMA), *Implémentation du contrôle de trafic interactif aux CFF : vue actuelle et future du Rail Control System des CFF*, décembre 2009

LE FLOCH Yann (RFF), *Le projet de cadencement 2012*, janvier 2010

RFF, *Evolution de la commande des circulations sur le réseau ferré national*, Comité de la Stratégie du 05/01/2005

Documents internes (SNCF)

SNCF Direction Déléguée Exploitation Maintenance, *Le système de production de la circulation avant, pendant et après le déploiement de la CCR*, novembre 2006, 15 p.

SNCF Direction Déléguée Système d'Exploitation et Sécurité, *Référentiel Infrastructure, Service de la circulation*, décembre 2005, 18 p.

Sites internet

L'organisation de l'exploitation ferroviaire et de la régulation du trafic sur le RFN [en ligne] <http://sncf.ratp.free.fr/circulationssnfc.htm> - consulté le 28 juillet 2010

Le contrôle des circulations sur le RFN [en ligne] <http://membres.multimania.fr/rff/>, consulté le 17 juillet 2010

TABLE DES MATIERES

Remerciements	9
Préambule	11
Introduction	13
Le sujet du mémoire	13
La Problématique du mémoire	13
La démarche entreprise	14
Le déroulement du rapport	14
Partie I : Les fondements de la vision cible	15
1 Le contexte actuel	17
1.1 Les éléments de cadrage	17
1.1.1 Le système ferroviaire français	17
1.1.2 Les circulations ferroviaires sur le RFN	18
1.1.3 Les spécificités de l'exploitation ferroviaire	18
1.2 L'organisation de la gestion opérationnelles des circulations	19
1.2.1 Les éléments de définition et les grands principes	19
1.2.2 Les différents niveaux de gestion	19
1.2.2.1 Le niveau national	19
1.2.2.2 Le niveau régional	21
1.2.2.3 Le niveau local	21
1.2.2.4 Un niveau supplémentaire : le niveau supra-local	21
1.3 Les acteurs de la gestion opérationnelle des circulations	22
1.3.1 Le Gestionnaire d'Infrastructure	22
1.3.2 Le Gestionnaire d'Infrastructure Délégué	22
1.3.3 La Direction des Circulations Ferroviaires (DCF)	23
1.3.4 Les différents agents dédiés à la GOC	24
1.3.5 Les entreprises ferroviaires entrantes	25
1.3.6 La puissance publique	26
1.4 La gestion des incidents et la gestion de crise	26
1.5 Les équipements et l'ergonomie	27
1.6 Les outils de commande et de contrôle	28
2 Les coups partis et les évolutions à venir sur le RFN	30
2.1 Le développement des circulations internationales et l'ouverture à la concurrence	30
2.2 La mise en place progressive du cadencement	30
2.3 L'avenir des partenariats public-privé	31
2.4 L'apparition des nouvelles technologies	31
2.4.1 L'ERTMS	32
2.4.2 Le projet de Commande Centralisé du Réseau (CCR)	33
2.5 L'avenir du fret ferroviaire	34
2.6 La multiplication des Gestionnaires d'Infrastructures	34
3 Les dysfonctionnements observés	35
3.1 Une organisation non optimale	35
3.1.1 Une multiplicité de niveaux de gestion	35
3.1.2 Une configuration inadaptée à un contexte multi-EF	35
3.1.3 Une gestion différenciée de la circulation en ligne et de la circulation locale	35
3.2 Une gestion des ressources humaines perfectible	35
3.2.1 La dualité agent circulation/régulateur	35
3.2.2 Prégnance de la hiérarchie	35
3.2.3 Un manque d'intérêt et de motivation pour la tâche	36
3.3 Une pléthore d'outils de commande et de contrôle	36
3.3.1 Une superposition des équipements	36
3.3.2 Des outils de commande et de contrôle statiques et sectoriels	36
3.3.3 Les lacunes concernant l'information aux voyageurs	36
3.4 L'hétérogénéité des systèmes	36

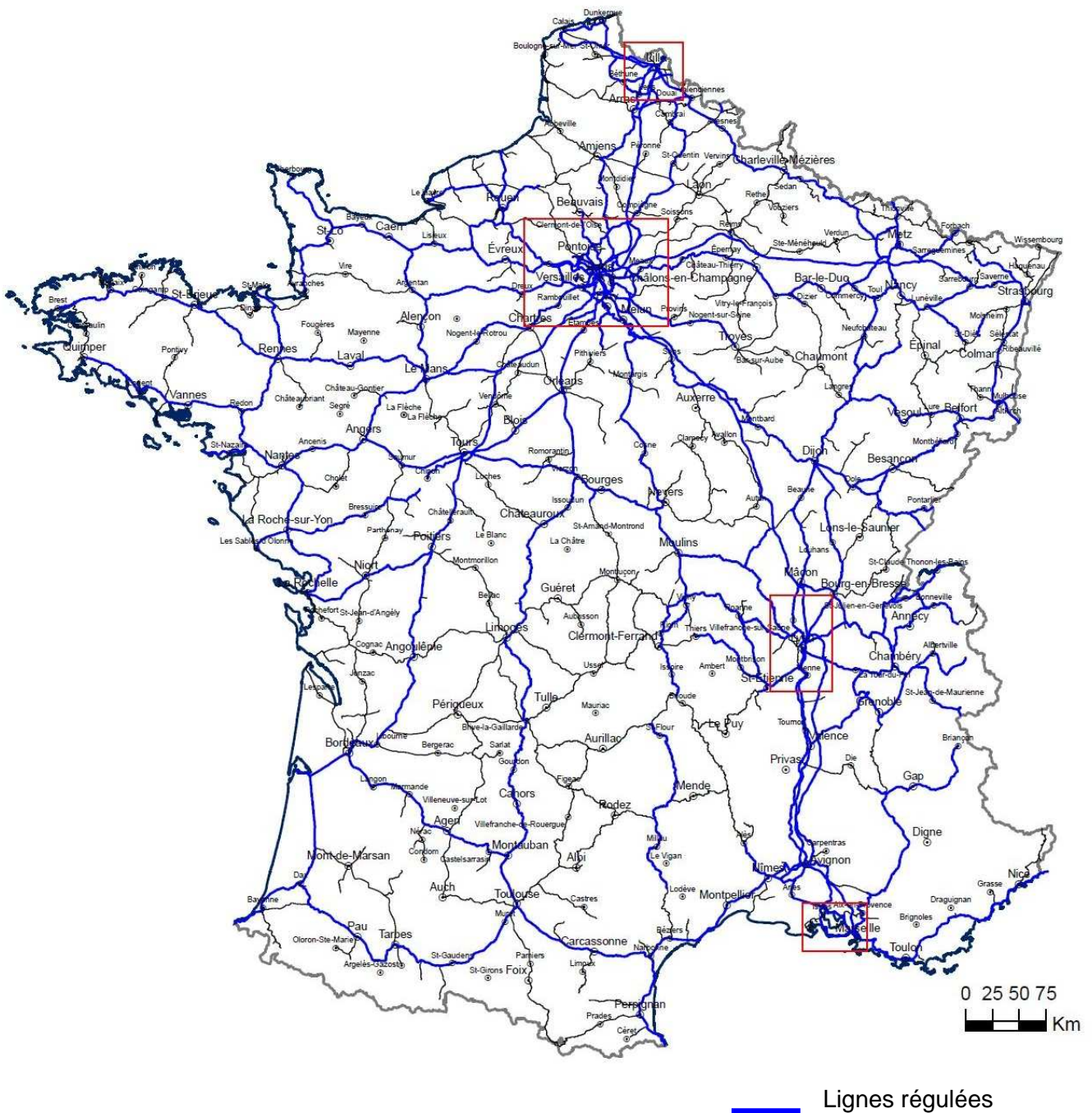
Partie II : L'élaboration de la vision cible	39
1 La conception de la vision cible	41
1.1 L'esprit général	41
1.2 La démarche	41
1.3 Les six composantes de la vision cible	41
1.4 Le paysage ferroviaire envisagé à l'horizon 2050	42
2 Les expériences européennes	43
2.1 Les Pays Bas	43
2.1.1 Données de contexte	43
2.1.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations	43
2.1.3 Points forts du modèle	45
2.2 La Suisse	46
2.2.1 Données de contexte	46
2.2.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations	46
2.2.3 Points forts du modèle	47
2.3 L'Allemagne	47
2.3.1 Données de contexte	47
2.3.2 Organisation de la gestion opérationnelle des circulations	47
2.3.3 Points forts	48
3 La définition de la vision cible 2050	49
3.1 L'organisation générale	49
3.1.1 Les niveaux de gestion	49
3.1.2 Les rôles et fonctions	50
3.1.3 Les périmètres d'intervention	50
3.1.4 L'information des EF	50
3.1.5 La gestion des gares	51
3.1.6 L'intervention des agents infrastructures	51
3.1.7 La régulation de l'énergie	51
3.2 Les équipements et l'ergonomie	51
3.3 Les outils de commande et de contrôle	53
3.4 La gestion des ressources humaines	54
3.4.1 Les aspects quantitatifs	54
3.4.2 Les aspects qualitatifs	55
3.5 L'information et la communication	55
3.5.1 La communication interne	55
3.5.2 La communication externe	56
3.6 La mission sécurité	58
Bilan et perspectives	59
Les grands principes de la vision cible 2050	59
Les bénéfices du nouveau système	59
Les investigations supplémentaires envisageables	60
Les limites de l'exercice	61
Les enseignements	61
Glossaire	63
bibliographie	65
Table des matières	67
Table des illustrations	69
Annexes	70
Annexe 1 : Les lignes régulées du RFN	70
Annexe 2 : Les 3 niveaux de l'ERTMS	71
Annexe 3 : Phasage de la mise en place de la technologie ERTMS/GSM-R	72
Annexe 4 : Exemple de l'impact de la mise en place d'un CCR : comparaison entre la gare de Vierzon et la gare d'Amersfoort (Pays-Bas)	73

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Le rôle des acteurs du transport ferroviaire de voyageurs	17
Figure 2 : Nombre de circulations par type de service	18
Figure 3 : Comparaison de l'offre ferroviaire entre six pays européens	18
Figure 4 : Vue à l'intérieur du CNOF.....	20
Figure 5 : Organisation de la salle opérationnelle du CNOF	20
Figure 6 : Les 5 branches du groupe SNCF	22
Figure 7 : Hiérarchie et logiques de communication entre agent GOC	25
Figure 8 : Présentation de l'équipement d'un poste MISTRAL (RFF/SNCF)	27
Figure 9 : Le TCO du poste de Montparnasse.....	28
Figure 10 : Fonctionnements des outils de commande et de contrôle	29
Figure 11 : Les différents niveaux de la technologie ERTMS.....	32
Figure 12 : Transition entre organisation actuelle et organisation CCR	33
Figure 13 : Les différents systèmes de signalisation en Europe	37
Figure 14 : Les périmètres des 4 postes régionaux de régulation.....	44
Figure 15 : Organisation de la GOC aux Pays-Bas.....	44
Figure 16 : Equipements d'un poste de commande néerlandais.....	45
Figure 17 : Fonctionnement et architecture de l'outil RCS	46
Figure 18 : Localisation des 7 centres de régulation des lignes principales	48
Figure 19 : Vision cible 2050 de l'organisation de la GOC	49
Figure 20 : Vue globale sur le poste de commande du futur	52
Figure 21 : Vue intérieure du poste de commande du futur	52
Figure 22 : Le plateau de gestion de crise du poste de commande du futur	53
Figure 23 : Fonctionnement et fonctionnalités de l'outil ARC	54
Figure 24 : Affichage des temps de parcours et des correspondances en temps réel	56
Figure 25 : Extraction du programme Internet d'information aux voyageurs	57

ANNEXES

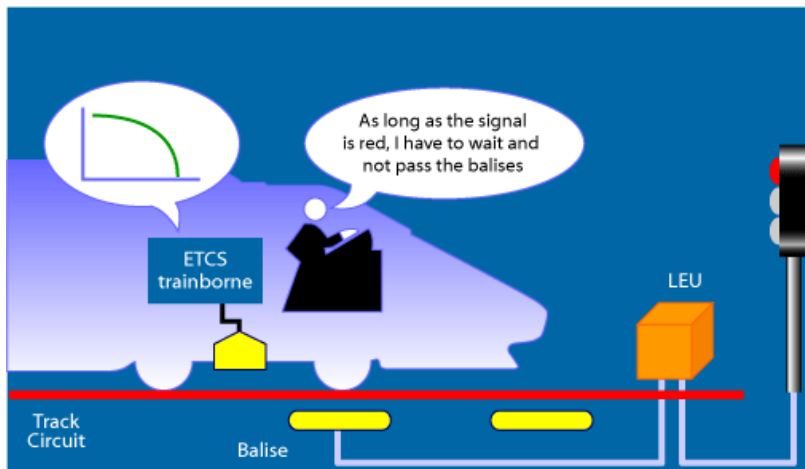
Annexe 1 : Les lignes régulées du RFN



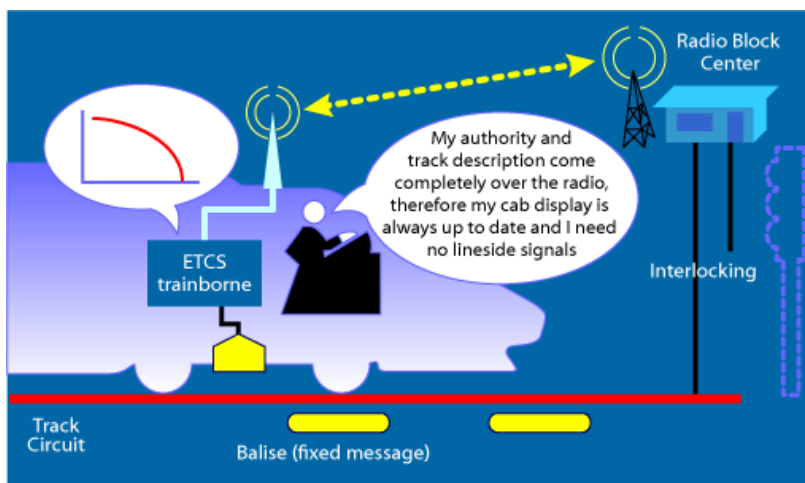
Source : RFF, document de référence du réseau – Annexe 6.11

Annexe 2 : Les 3 niveaux de l'ERTMS

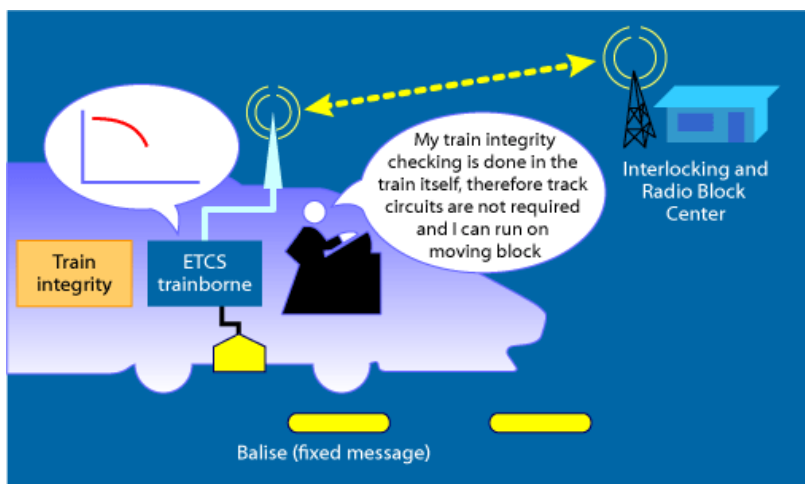
ERTMS Niveau 1



ERTMS Niveau 2



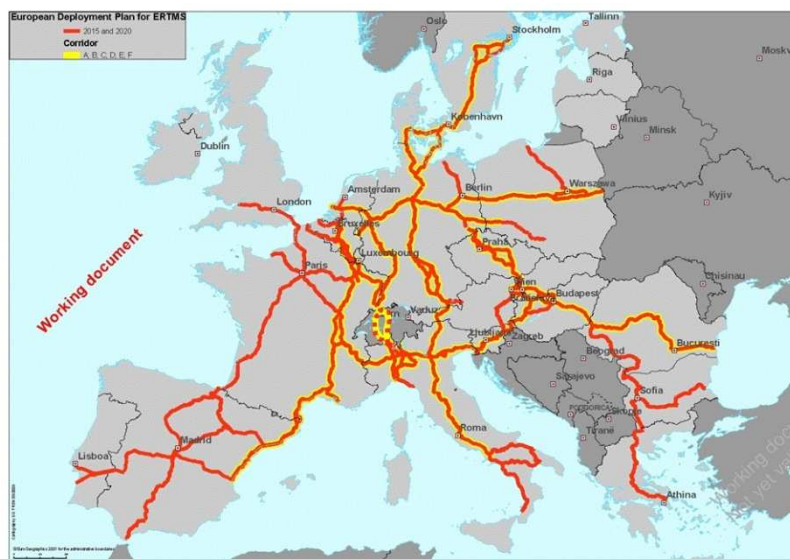
ERTMS Niveau 3



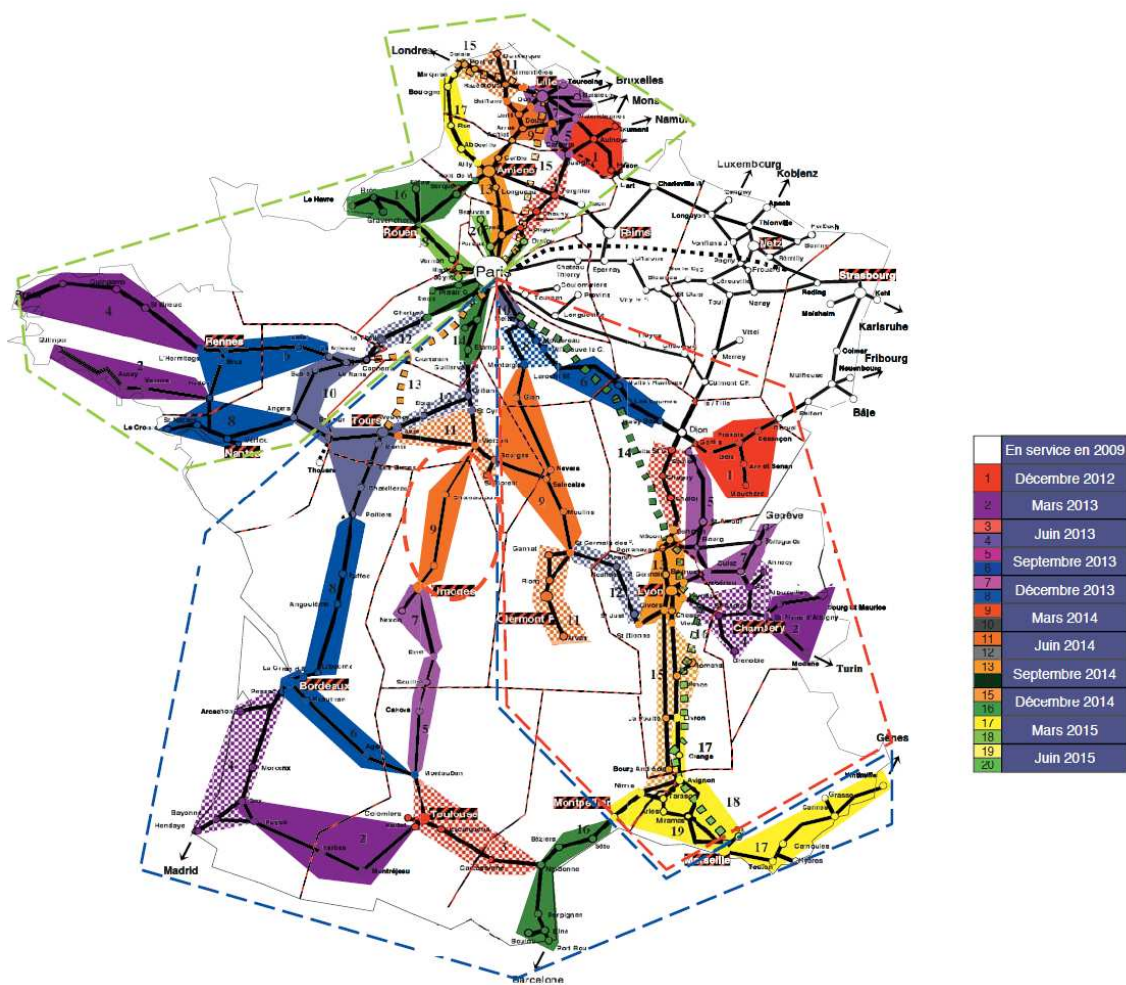
Source : http://www.ertms.com/2007v2/what_levels.html, consulté le 30 juillet 2010

Annexe 3 : Phasage de la mise en place de la technologie ERTMS/GSM-R

Déploiement de l'ERTMS sur le réseau ferré européen (Source : europa.eu)

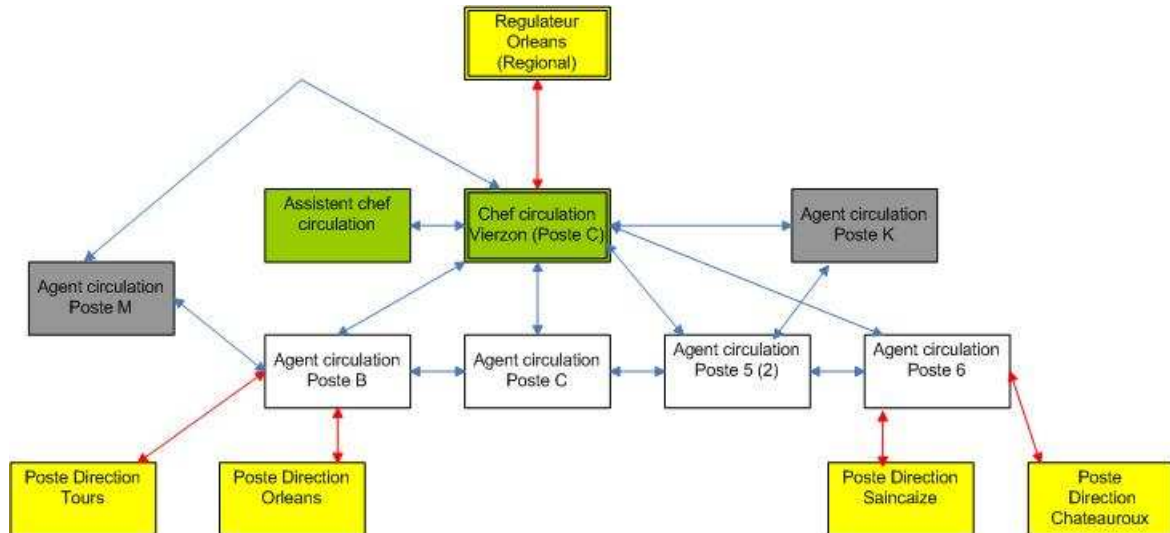


Phasage du déploiement de la technologie GSM-R sur le RFN (Source : RFF)

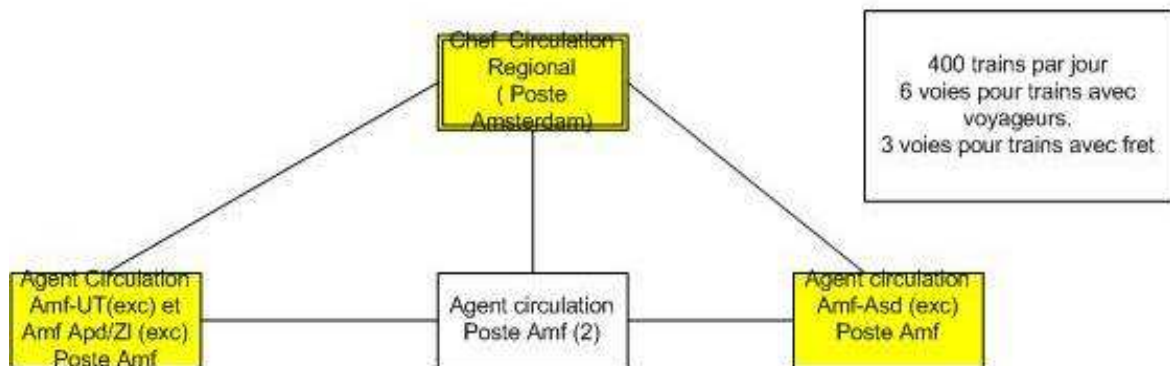


Annexe 4 : Exemple de l'impact de la mise en place d'un CCR : comparaison entre la gare de Vierzon et la gare d'Amersfoort (Pays-Bas)

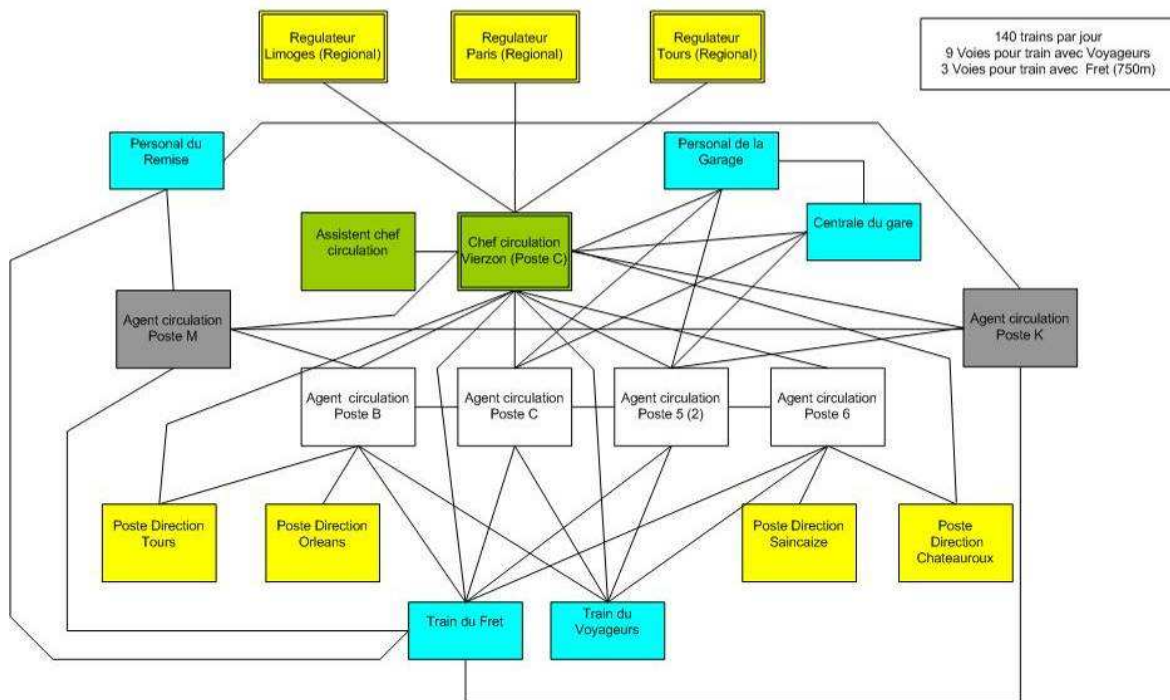
Gestion des circulations à Vierzon



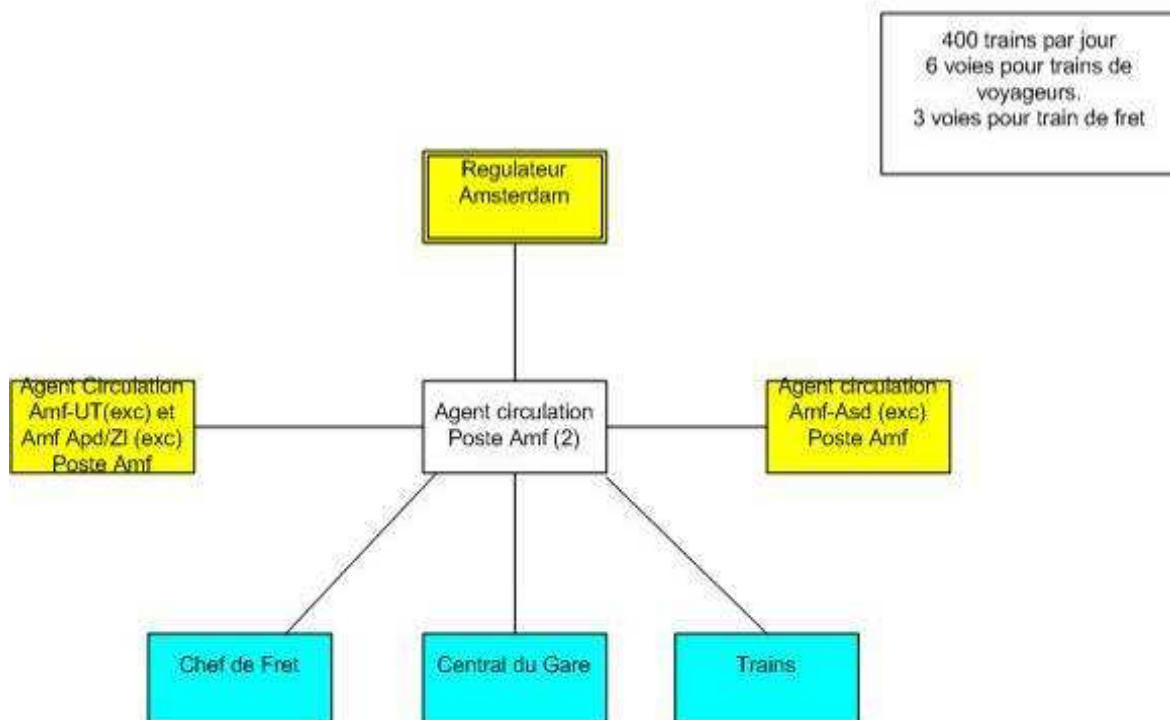
Gestion des circulations à Amersfoort



Logiques de communications entre agents à Vierzon

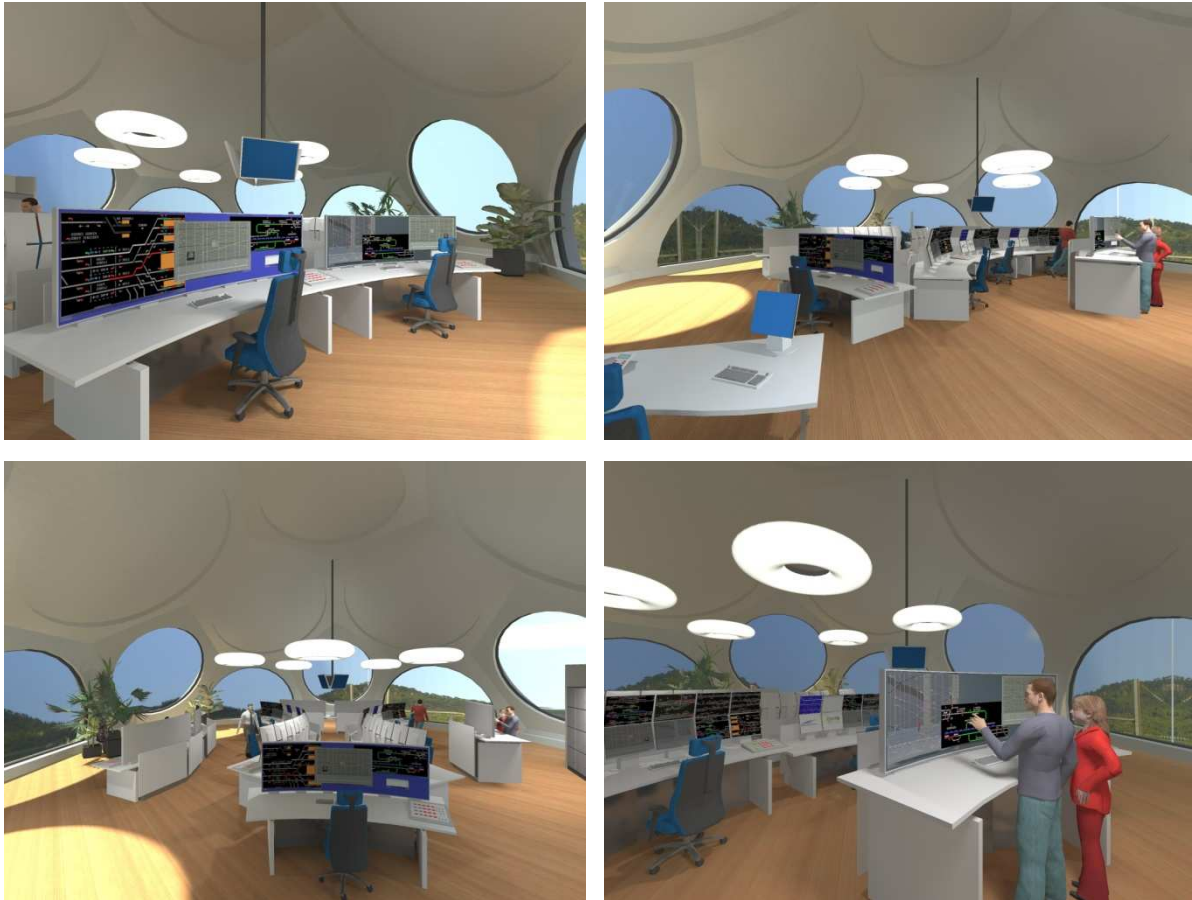


Logiques de communications entre agents à Amersfoort



Source : Résultats extrait de l'étude préalable à la mise en CCR de la gare de Vierzon, réalisée par ARCADI en 2008

Annexe 5 : Vue intérieur du poste de commande du futur



Source : ARCADIS NL