

Etude technique
et analyse
socio-économique
des scénarios
de ligne nouvelle
et d'aménagements
de la ligne existante



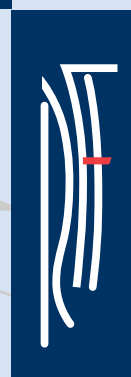
LGV • Bordeaux • Toulouse •
Projet de ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse

2
phase

Modèle
de capacité

Note
méthodologique

Avril 2005



RÉSEAU
FERRÉ DE
FRANCE

CONTEXTE ET OBJET DU DOCUMENT

Général

Le présent document est un livrable de l'étude réalisée par le groupement SCETAUROUTE – SEMALY – ISIS pour RFF dans le but de préparer le débat public pour la création d'une ligne ferroviaire à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse.

Particulier

Cette note méthodologique, rédigée au cours de la phase 1 de l'étude, présente le **modèle proposé pour l'évaluation de la capacité des lignes ferroviaires** à supporter les différentes circulations ferroviaires projetées dans le cadre des différents scénarios.

Attendus

Le modèle décrit dans la présente note a pour objectif de **tester de nombreux scénarios d'aménagement de l'infrastructure et de service ferroviaire**, qu'il s'agisse de situations à terme ou d'étapes intermédiaires de scénarios de phasage.

On rappelle qu'il s'agit de confronter une infrastructure projetée (ou existante) à une offre de service ferroviaire, elle aussi projetée, afin de déterminer l'aptitude de l'infrastructure à supporter le service. Le cas échéant, le modèle doit permettre de vérifier qu'il n'y a pas surdimensionnement des infrastructures et/ou de mettre en évidence d'éventuelles réserves de capacité.

SOMMAIRE

1. GENERALITES	5
2. MODELISATION DE LA VOIE COURANTE	6
2.1 Principes théoriques de la modélisation	6
2.1.1 Règle à respecter	6
2.1.2 Capacité théorique offerte	7
2.1.3 Capacité consommée	8
2.1.4 Blancs travaux	10
2.1.5 Mise en œuvre et test proprement dits	11
2.2 Application au cas de l'étude de la LGV Bordeaux – Toulouse	11
2.2.1 Découpage en sections	11
2.2.2 Plage horaire d'étude	12
2.2.3 Orientation du modèle	12
3. MODELISATION DES NŒUDS FERROVIAIRES	13
3.1 Principe théorique	13
3.1.1 Définition d'un noeud	13
3.1.2 Problématique soulevée	13
3.1.3 Formulation du critère de validation	14
3.1.4 Détermination du temps d'occupation virtuel	14
3.1.5 Test proprement dit	15
3.2 Application au cas de l'étude de la LGV Bordeaux – Toulouse	15
3.2.1 Choix des nœuds étudiés pour le réseau classique	15
3.2.2 Nœuds propres aux scénarios LGV qui seront modélisés	16

1. GENERALITES

Afin d'atteindre l'objectif opérationnel exposé au paragraphe "*Attendus*" ci-dessus, nous avons souhaité constituer **un modèle réactif**, c'est-à-dire rapide à mettre en œuvre, mais comportant toutefois suffisamment de paramètres variables pour permettre les différents tests prévus.

Ce modèle est dérivé de deux travaux antérieurs :

- Le modèle de capacité proposé par le groupement SCETAUROUTE – EYSER – ISIS pour l'étude d'amélioration et de développement des services ferroviaires du corridor Atlantique, pour le **noyau du modèle**.
- Le modèle de capacité proposé par le groupement SCETAUROUTE – ISIS – SEMALY pour les pré-études fonctionnelles d'amélioration des services ferroviaires sur l'axe Bordeaux –Toulouse – Narbonne, pour le **paramétrage et l'adaptation du modèle au contexte**.

Le modèle se divise en deux sous-ensembles :

- Un sous-ensemble spécifiquement consacré aux **parties de voies courantes**, selon un découpage en sections.
- Un sous-ensemble spécifiquement consacré aux **nœuds ferroviaires**, un nœud étant pris ici comme le point de convergence d'au moins 3 voies.

Ces deux sous-ensembles sont relativement indépendants, excepté naturellement le fait qu'ils utilisent les mêmes scénarios de service ferroviaire. Nous les présentons séparément dans les deux chapitres qui composent cette note.

2. MODELISATION DE LA VOIE COURANTE

2.1 PRINCIPES THEORIQUES DE LA MODELISATION

2.1.1 Règle à respecter

On rappelle que l'objectif est de mesurer le degré d'utilisation de l'infrastructure par les circulations ferroviaires, de façon à mettre en évidence d'éventuelles sur- ou sous-utilisations.

Les résultats fournis doivent permettre d'optimiser au mieux le couple {infrastructure ; service ferroviaire} dans le cadre de différents scénarios.

On doit donc opposer une *capacité consommée* à une *capacité offerte*.

En pratique, ces deux grandeurs seront confrontées en intégrant une **marge dite "de robustesse"**, telle que couramment proposée dans ce genre de modélisation. Cette marge s'exprime en limitant à 60% le temps d'occupation de l'infrastructure par les circulations, en moyenne sur une plage horaire quelconque, et à 75%, en période de pointe¹.

Dit plus succinctement :

La capacité consommée ne doit pas dépasser 60 % (ou 75 % en pointe) de la capacité théorique offerte².

- Au-delà, il y a sur-utilisation donc saturation, qui doit être éliminée par un allègement de l'offre de service ou un renforcement des performances offertes par l'infrastructure.
- En deçà, il y a sous-utilisation qui peut être quantifiée en sillons disponibles. Si on souhaite une meilleure rentabilisation de l'infrastructure, l'offre peut être densifiée.

¹ Ce principe a été défini dans une fiche de l'UIC aujourd'hui abrogée (Fiche 405.1), mais jamais remise en cause par la pratique.

² On rappelle que ces pourcentages s'appliquent au *temps d'occupation de l'infrastructure*, c'est-à-dire la durée pendant laquelle une portion de voie est : bloquée pendant la formation d'un itinéraire, réservée pour une circulation à venir, occupée par une circulation proprement dite ou sur le point d'être libérée après le passage du train. Selon les sources, on ajoute également un délai, de l'ordre de 30 secondes, désigné par la lettre grecque χ (khi), et destiné à éliminer la situation où un mécanicien apercevrait régulièrement des signaux d'annonce (*Avertissement*, ou jaune fixe, en signalisation SNCF) avant le passage à *voie libre*.

2.1.2 Capacité théorique offerte

Rappels théoriques

On rappelle que la capacité maximale d'une voie ferrée est obtenue lorsque tous les trains roulent à la même vitesse et le plus près possible les uns des autres.³

Dans le cas général, la distance séparant les trains résulte de l'exigence de pouvoir arrêter un train sans percuter le précédent. Elle devrait donc être fixée par la vitesse et les caractéristiques de freinage du train suiveur.

En pratique, sur les lignes étudiées ici, la distance entre les trains est fixée, non pas par la vitesse du train suiveur mais par les signaux de cantonnement, fixes. Elle ne peut donc pas être réduite en deçà des valeurs imposées par la position de ceux-ci. Dès lors, à *distance géographique* fixe, c'est en augmentant la vitesse qu'on peut réduire au maximum la *distance temporelle* entre les circulations, donc la capacité de la ligne.

Cette constatation induit un résultat important :

Dans un système à cantonnement fixe, la capacité maximale est obtenue lorsque les trains se suivent à la même vitesse et que celle-ci est la plus élevée possible.

Précisons pour être rigoureux que ce résultat n'est valable que si le système de cantonnement n'intègre pas de zones avec *préavertissement*⁴ (jaune clignotant), signal qui revient à moduler la distance de cantonnement pour les trains dont la distance de freinage est plus importante. En pratique, le *préavertissement* intervient surtout pour les trains dont les caractéristiques de freinage sont péjorées par leur masse et non leur vitesse (trains de fret lourds), ce qui ne remet pas en cause le résultat.

La conséquence pratique du résultat ci-dessus est que, lorsqu'on cherchera à évaluer la capacité maximale d'une ligne ou d'une section de ligne, on considérera préférentiellement le cas de circulations rapides.

Application pratique

Dans le cas présent, pour évaluer la capacité maximale de n'importe quelle section de voie courante, on sélectionnera un **sillon de référence**, selon la double règle suivante :

- Le sillon de référence correspond à la catégorie des trains les plus fréquents sur la section de ligne considérée et la plage horaire étudiée ;
- Lorsque les ordres de grandeurs des nombres de trains de plusieurs catégories sont similaires, on choisira plutôt comme sillon de référence celui dont la vitesse moyenne est la plus élevée (conséquence du rappel théorique ci-dessus).

³ A priori, c'est la proximité *temporelle* qui est recherchée et non la proximité *géographique* puisqu'on cherche avoir un maximum de trains par heure (et non *un maximum de train par kilomètre*). Naturellement, les deux sont liés par la vitesse donc, à vitesse identique, réduire la proximité *temporelle* nécessite de réduire la proximité *géographique*.

⁴ Ou de *préannonce* (vert clignotant) pour les lignes classiques sur lesquelles la vitesse des trains peut dépasser 160 km/h.

Le choix pourra être affiné en fonction de caractéristiques propres à la section de ligne considérée en fonction, notamment, de l'existence de zones avec préavertissement, ou de limitation de vitesse conduisant à réduire la différence de vitesse entre les circulations.

Résultats

Une fois choisi le sillon de référence, la capacité théorique offerte est calculée en déterminant le **nombre maximal de sillons de référence traçables** sur la **section de ligne considérée**, pendant la **plage horaire étudiée**.

Ce nombre de sillon est obtenu en recherchant, dans la section de ligne considérée, la zone péjorant le plus la distance entre les trains.

Ce nombre peut être exprimé en sillons par heure (*fréquence*). On peut également l'exprimer sous la forme d'une durée séparant deux trains (*période*). La durée en minutes séparant deux trains s'obtient en divisant 60 par le nombre de trains par heure.

Exemple :

Block automatique lumineux avec des cantons d'une longueur de 1500 m. Vitesse moyenne des sillons de références : 144 km/h (soit 40 m.s⁻¹).

Supposons que la position des signaux conduise à une distance entre trains de l'ordre de 3600 m (2 cantons + la longueur d'un des 2 trains + la distance nécessaire pour éviter que le conducteur du train suiveur aperçoive l'avertissement avant le passage à voie libre⁵).

La délai minimal entre les trains est donc de : $\frac{3600 \text{ m}}{40 \text{ m.s}^{-1}} = 90 \text{ s}$, soit 1 minute 30 secondes.

La *capacité théorique maximale* de la section de ligne étudiée est donc de 40 trains par heure.

L'application du coefficient de 60 % (voir § 2.1.1) conduit pour cet exemple à une *capacité pratique maximale* de 24 trains par heure, voire 30 tr./h en pointe (75 %).

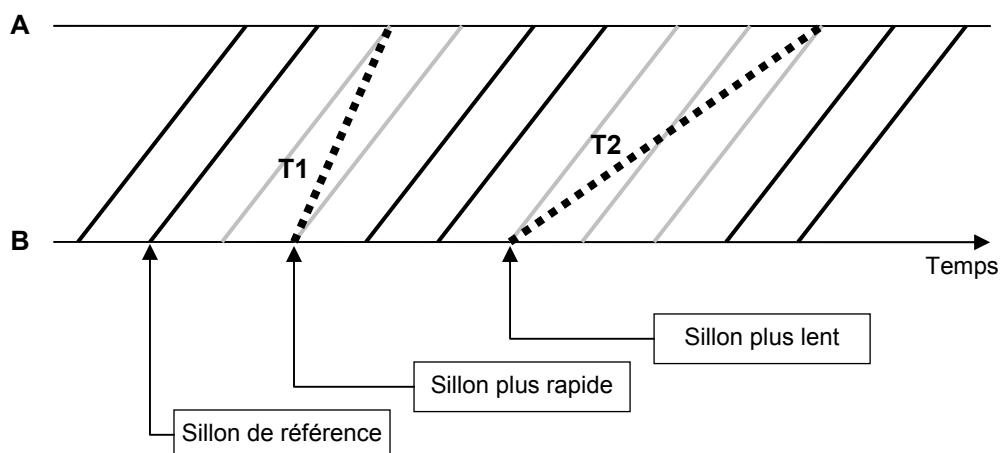
2.1.3 Capacité consommée

La valeur obtenue dans l'exemple ci-dessus pourrait surprendre un lecteur habitué à des valeurs de 12 à 16 trains par heure pour des lignes classiques correctement équipées.

La différence provient essentiellement du fait que les trains n'ont pas tous la même vitesse, et qu'un train plus rapide ou moins rapide que les sillons de référence en consomme plusieurs, comme l'illustre le schéma ci-dessous :

⁵ Voir note n° 2, page 6.

Figure 1 : Consommation de sillons par les circulations plus ou moins rapide que le sillon de référence



On voit sur ce schéma que le train T1, plus rapide, comme le train T2, plus lent, consomment plusieurs sillons de référence (respectivement 2 et 3).

Formulation de la consommation de sillons

La *consommation de sillons de référence* dépend de la différence du temps de parcours de la section de ligne A – B, par les différents trains considérés.

Un raisonnement simple conduit à la formule suivante :

$$C_i = \left(\frac{|T_i - T_R|}{E} \times \omega \right) + 1 \quad (\text{formule n}^\circ 1)$$

Où :

- C_i est la consommation de sillons par le train i ;
- T_i est le temps de parcours de la section par le train i ;
- T_R est le temps de parcours de la section par le sillon de référence ;
- ω est un coefficient de paramétrage du modèle qui traduit la possibilité d'optimiser la construction du graphique⁶. Il est ajusté par calage du modèle sur la situation actuelle ou une situation ayant fait l'objet d'études de faisabilité. Il est le même pour tous les trains, mais diffère selon la plage horaire étudiée.
- E est le délai qui sépare les sillons de référence (donc l'inverse de la fréquence).

La présence du terme « + 1 » dans la formule se déduit aisément de la lecture de la Figure 1 ci-dessus. Il permet de vérifier la propriété triviale suivante : un *sillon de référence* (donc de même vitesse qu'un sillon de référence) consomme un seul sillon.

S'agissant d'une grandeur entière, on pourrait être tenté d'arrondir le nombre de sillons consommés C_i à l'entier supérieur. Cependant, compte tenu de sa dimension macroscopique, le modèle se satisfait très bien de valeurs avec décimales. On conserve une certaine linéarité, ce qui permet notamment d'éviter des effets de seuils.

⁶ L'optimisation du graphique consiste à regrouper les sillons de même vitesse ou à éviter d'insérer un sillon le plus rapide au milieu d'une batterie de sillons les plus lents. Les horaristes s'efforcent généralement dans ce cas d'intercaler des sillons de vitesse intermédiaire.

De l'importance de la section de ligne considérée

La formule proposée ci-dessus fait intervenir la différence des temps de parcours des trains **sur la section considérée**.

On voit donc apparaître ici, de façon théorique, l'influence de la longueur de la section de ligne sur le résultat : en effet, si deux trains ont une vitesse différente, plus la section qu'ils parcourent est longue, plus leurs temps de parcours seront différents et, par conséquent, plus la capacité consommée sera grande.

Il est intéressant de relever que lorsque a été abordée la question de la capacité maximale théorique offerte (§ 2.1.2 ci-dessus), la longueur de la section considérée n'intervenait pas directement. Tout au plus devait-on savoir sur quelle section on raisonnait de façon à déterminer les zones péjorant le plus la capacité et en déduire l'espacement minimal admissible entre les trains.

À l'inverse, ici, la prise en compte d'une section de ligne dans le raisonnement est primordiale car c'est de sa longueur que vont dépendre tous les résultats de consommation de sillon⁷.

Découpage des voies courantes en sections

Le constat précédent conduit à écarter toute évaluation globale de la capacité consommée par les trains sur la totalité d'une ligne et impose un découpage en sections.

En effet, le raisonnement suppose que la Figure 1 représente une section de ligne sur laquelle aucun dépassement, garage ou dégarage ne doit être possible : les trains pénètrent dans la section par une extrémité et en ressortent par l'autre, sans que leur ordonnancement ne puisse être changé.

Or une ligne ferroviaire, comme celles modélisées ici, comportent forcément des gares ou établissements intermédiaires pouvant être origine, terminus de trains ou points de dépassement. Il y a également des bifurcations au niveau desquelles des trains rejoignent ou quittent la ligne étudiée.

Nous choisirons donc, comme extrémités des sections composant la ligne :

- les points où l'ordonnancement des sillons peut être modifié ;

et :

- les points où le nombre de sillons varie par adjonction de sillon (origine d'un train ou convergence d'un train depuis un ligne adjacente) ou retrait de sillon (terminus d'un train ou divergence d'un train vers une autre ligne).

2.1.4 Blancs travaux

Pour cette étude, RFF souhaite que soit envisagé un blanc-travaux quotidien de 3h00, positionné en milieu de nuit. D'autres solutions pourront être envisagées par le biais de tests de sensibilité.

⁷ Si on réduisait à zéro la longueur des sections, le terme $|T_i - T_R|$ s'annulerait et on aboutirait à une consommation d'un sillon de référence par train.

Le modèle intégrera donc la consommation de capacité pour mise à disposition quotidienne de la voie pendant une période de 3h00, aux services de maintenance. Seuls les sillons consommés au cours de la plage horaire étudiée seront pris en compte.

2.1.5 Mise en œuvre et test proprement dits

La première étape consiste à définir le découpage en section en appliquant le principe exposé ci-dessus.

On doit également définir une plage horaire d'étude pour l'application du modèle.

Puis, sur chaque section doit être choisi un sillon de référence, en fonction de la répartition par type de sillons propre à cette section.

On évalue ensuite le nombre maximum de sillons de référence pouvant être tracés. On en déduit la capacité théorique maximale offerte C_O , à laquelle on doit appliquer le coefficient de robustesse (60% ou 75% selon la plage horaire).

On détermine parallèlement, le nombre C_i de sillons de référence consommé par chaque circulation i de l'offre de service envisagée.

Le test est ensuite réalisé en vérifiant que :

$$R \times C_O - \sum_{i=1}^n C_i - C_{BT} \geq 0 \quad (\text{formule n}^\circ 2)$$

Où :

- R, le coefficient de robustesse :
 - R = 60% sur la journée,
 - R = 75% sur la période de pointe ;
- C_O la capacité offerte sur la section de ligne ;
- n est le nombre total de circulation sur la section de ligne ;
- C_i le nombre de sillon consommé par la circulation i (voir formule n°1, ci-dessus) ;
- C_{BT} est le nombre de sillons consommés par le blanc-travaux, le cas échéant, dans la plage horaire étudiée.

S'il n'est pas nul, le terme $R \times C_O - \sum_{i=1}^n C_i - C_{BT}$ représente la capacité résiduelle sur la section de ligne pendant la plage horaire étudiée, exprimée en nombre de sillon de référence.

2.2 APPLICATION AU CAS DE L'ETUDE DE LA LGV BORDEAUX – TOULOUSE

2.2.1 Découpage en sections

Les extrémités proposées pour la **ligne classique** sont :

- **Bordeaux – Bif. rac. circ.** (bifurcation raccordement circulaire) : Il s'agit de l'extrémité Est du raccordement circulaire.
- **Hourcade – Triage** : pour les trains entrants et sortants du triage
- **Langon**
- **Marmande**

- **Agen**
- **Montauban**
- **St-Jory Triage**
- **Toulouse-Matabiau**
- **Villefranche-de-Lauragais**
- **Castelnaudary**
- **Carcassonne**
- **Narbonne**

S'ajouteront à celles-ci les points envisagés pour le raccordement des lignes à grande vitesse s'ils ne sont pas confondus avec les points déjà définis.

Pour la **ligne nouvelle**, un découpage pourra être envisagé en fonction des scénarios.

2.2.2 Plage horaire d'étude

Deux **plages horaires-types** seront définies :

- Une **période de pointe** (1 ou 2 heures) pendant laquelle **il n'y aura pas de blanc travaux**, mais un service voyageur très dense et très homogène, avec positionnement horaire strict.
- Une période de **journée complète** (24 heures) sur laquelle sera prévue un blanc-travaux. Il s'agira d'une journée ouvrable de base (JOB) hors effet de pointe hebdomadaire ou saisonnière.

La **définition de l'offre de service** devra donc comporter :

- Un terme propre à la période de pointe : typiquement la fréquence de service en pointe (en train/heure ou en minutes) ;
- Un terme propre à la journée complète exprimé en nombre de trains par jour.

2.2.3 Orientation du modèle

A priori, le modèle proposé est orienté. Cela signifie que les nombres de sillons, les caractéristiques du réseau peuvent être différents selon le sens considéré. Naturellement, peut être rendu symétrique en adoptant les mêmes paramètres pour les deux sens de circulation.

3. MODELISATION DES NŒUDS FERROVIAIRES

3.1 PRINCIPE THEORIQUE

La modélisation de la capacité au niveau des nœuds ferroviaires repose sur une logique très similaire à celle exposée précédemment pour la voie courante. Il s'agit de confronter la capacité théorique maximale offerte à celle consommée par les circulations envisagées. Dans ce cas également, on introduit une **marge de robustesse** de 60 % ou 75 % selon la plage horaire considérée⁸.

Les différences portent sur la nature même de l'installation ferroviaire dont il est question. Il s'agit non plus d'une voie courante supportant une succession de trains mais d'un nœud ferroviaire vers lequel convergent ou divergent diverses circulations.

3.1.1 Définition d'un noeud

On considère ici comme répondant à la définition de **nœud ferroviaire**, le lieu géographique de convergence, de divergence ou de croisement d'au moins 2 voies constitutives du réseau principal.

Un noeud ferroviaire se caractérise donc par le partage d'une partie de l'infrastructure entre différentes voies supportant différents flux. Cette partie d'infrastructure, qui peut être très réduite dans le cas d'une simple traversée oblique entre deux voies, sera appelée l'**espace partagé** du nœud.

3.1.2 Problématique soulevée

Si l'espace partagé du nœud est réduit géographiquement, il est tout de même partagé entre plusieurs flux et la sécurité des circulations impose de prendre les mesures nécessaires pour éviter que deux trains y convergent simultanément. Il y a donc nécessité de **réserver** l'espace partagé pour un train, avant de lui en autoriser le franchissement et, de fait, d'interdire à toute autre train de réserver lui-même le même espace pour son propre compte ; ce jusqu'à ce que le premier train ait libéré l'espace, permettant au deuxième de le réserver à son tour.

La signalisation est conçue pour répondre à cette problématique, notamment avec la notion d'itinéraire, successivement *formé* (tracé et réservé) puis *établi* (autorisé au parcours par le train) et enfin *libéré* (après le passage du train)⁹.

⁸ Un formalisme plus poussé peut d'ailleurs conduire à considérer une section de voie courante comme un nœud avec une seule entrée et une seule sortie. L'application des principes qui en découlent conduit aux mêmes types de résultats que ceux présentés dans la partie 2, avec cependant une présentation nettement moins intuitive.

⁹ Voir § 3.1.4 pour l'explication détaillée de ces termes.

Concrètement, la réservation se traduit par une **occupation virtuelle** de la zone partagée bien antérieure à son occupation effective par le train. D'autre part, la libération de l'itinéraire peut être parfois retardée par rapport à la simple libération physique de l'espace commun, pour des raisons liées aux technologies mises en œuvre dans les postes d'aiguillages.

3.1.3 Formulation du critère de validation

Ici, la capacité va être directement exprimée en *temps* :

- La **capacité totale disponible** sera égale au **temps réel**, c'est-à-dire la durée de la plage horaire étudiée, minorée pour intégrer des marges de robustesses.
- La **capacité consommée** par un train sera égale au temps pendant lequel l'espace partagé est réservé, occupé ou en attente de libération après passage du train. On parlera de **décalage d'occupation virtuelle** de l'espace partagé.

3.1.4 Détermination du temps d'occupation virtuel

L'occupation virtuelle de l'espace partagé d'un nœud passe par un processus assez détaillé tenant compte, pour chaque circulation étudiée :

1. du temps de formation¹⁰ et d'établissement¹¹ de l'itinéraire qui sera emprunté par le train.
2. du temps de parcours par le train entre le premier signal d'annonce protégeant l'itinéraire et l'espace partagé, complété du terme χ (khi, voire note n°2, page 6). Le but est d'éviter que le mécanicien aperçoive le signal d'annonce fermé. Il faut donc que lorsqu'il franchit le signal d'annonce, son itinéraire ait déjà été formé et établi, depuis une durée égale à χ .
Ce temps de parcours dépend de la vitesse du train, qui peut être réduite si un ralentissement est imposé au franchissement de l'espace partagé (cas, par exemple, d'un train quittant l'itinéraire principal en empruntant un branchement en voie déviée).
3. du franchissement proprement dit de l'espace partagé, qui tient compte de la longueur et de la vitesse du train.
4. du temps de libération¹² de l'itinéraire.

Cette liste donne la suite chronologique du franchissement d'un espace partagé par un train. Ce n'est qu'après l'étape 5 qu'un nouveau cycle peut commencer pour un autre train.

La somme des contributions, constitue le temps d'occupation virtuel de l'espace partagé Δ_i par le train i .

¹⁰ La *formation* d'un itinéraire est la phase pendant laquelle les aiguilles sont manœuvrées et l'itinéraire réservé. La durée de la formation dépend du nombre d'appareil à manœuvrer et de leur motorisation ou non.

¹¹ L'*établissement* d'un itinéraire correspond à l'ouverture du signal d'entrée de l'itinéraire. Dans les postes les plus récents, il est quasi instantané, dans les postes plus anciens, il peut nécessiter la manœuvre d'un levier de commande.

¹² La *libération* de l'itinéraire est la levée des mesures interdisant la formation d'itinéraires incompatibles et l'éventuel retour des appareils en position normale. Sa durée dépend de la technologie des postes.

3.1.5 Test proprement dit

Il ne reste alors plus qu'à additionner les Δ_i de chaque circulation de la plage horaire étudiée et de les comparer à la durée de cette plage horaire.

Cette opération peut être décrite par la condition suivante :

$$R \times \Delta - \sum_{i=1}^n \Delta_i - \Delta_{BT} \geq 0 \quad (\text{formule n}^\circ 3)$$

Où :

- R, le coefficient de robustesse :
 - R = 60% sur la journée,
 - R = 75% sur la période de pointe ;
- Δ est la durée de la plage horaire étudiée ;
- n est le nombre total de circulations sur la section de ligne ;
- Δ_i le temps d'occupation virtuelle de l'espace partagé par la circulation i (voir § 3.1.4, ci-dessus) ;
- Δ_{BT} est la durée d'interruption de la circulation pour le blanc-travaux, dans la plage horaire étudiée.

S'il n'est pas nul, le terme $R \times \Delta - \sum_{i=1}^n \Delta_i$ représente la capacité résiduelle sur la section de ligne, exprimée en unité de temps.

3.2 APPLICATION AU CAS DE L'ETUDE DE LA LGV BORDEAUX – TOULOUSE

3.2.1 Choix des nœuds étudiés pour le réseau classique

A priori, n'importe quel point répondant à la définition du nœud telle que proposée au § 3.1.1, peut faire l'objet d'une modélisation.

Cependant, les travaux antérieurs sur le corridor Bordeaux – Toulouse – Narbonne ont montré qu'il existait certains points critiques méritant une attention toute particulière. Au nombre de ceux-ci figure notamment :

- La bifurcation vers le raccordement circulaire à Bordeaux ;
- Les accès Ouest et Est du triage d'Hourcade ;
- La bifurcation de Montauban vers la ligne Les Aubrais – Montauban ;
- Les accès Nord et Sud du triage de St-Jory ;
- L'éventuel point de passage à 4 voies au nord de Toulouse ;

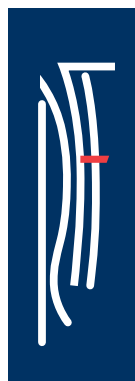
La gare de Toulouse-Matabiau et ses entrées et sorties sont exclues du champ de modélisation, dans la mesure où elles ont fait l'objet d'une étude spécifique ayant permis de définir un schéma d'affectation des différents services sur les voies, réduisant le nombre de cisaillement.

3.2.2 Nœuds propres aux scénarios LGV qui seront modélisés

Aux points cités ci-dessus pourront s'ajouter tous les raccordements des lignes à grande vitesse, positionnés en fonction des scénarios étudiés.

Naturellement il sera tenu compte des résultats de l'approche par axe, si elle démontre que les flux en présence ne sont pas de nature à provoquer des problèmes au niveau des nœuds.

Réseau Ferré de France
Direction régionale
Midi-Pyrénées
2, esplanade Compans-Caffarelli
Immeuble Toulouse 2000
Bât. E - 4^e étage
31000 Toulouse
Tél. : 05 34 44 15 60
Fax : 05 34 44 10 66
Internet : www.rff.fr



**RÉSEAU
FERRÉ DE
FRANCE**



Conception de la couverture : Stratis > 01 55 25 54 54
Réalisation des études : Groupement EGIS > Avril 2005