

Un modello per l'analisi delle potenzialità delle reti ferroviarie

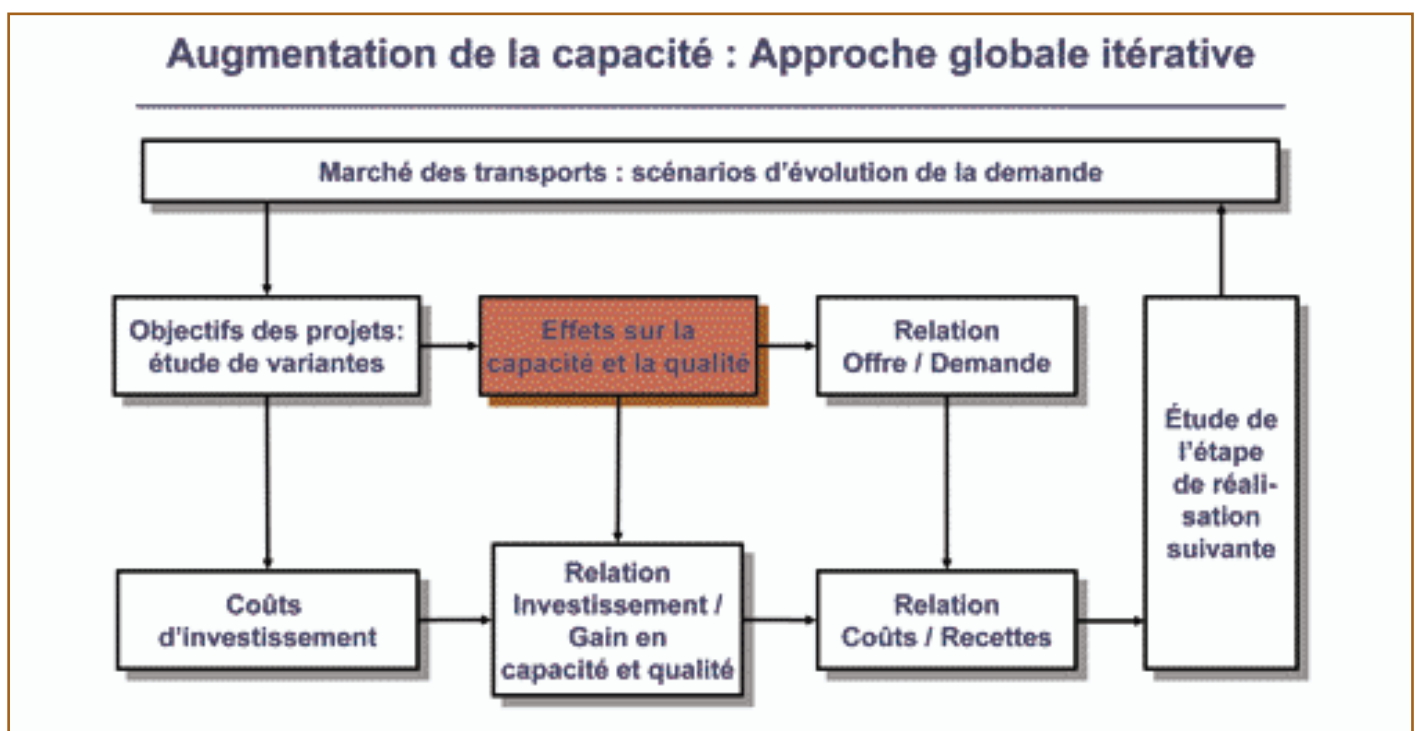
Audizione del 7 marzo 2007 di Robert E. Rivier, docente dell'École Polytechnique di Losanna, assistito da Luigi Lucchini e Jean-Daniel Buri, dedicata all'impostazione del modello CAPRES e alle sue applicazioni



Introduzione. Robert E. Rivier, direttore del Laboratoire d'Intermodalité des Transports et de Planification (LITEP) dell'École Polytechnique di Losanna (EPFL), è l'ideatore del modello CAPRES (acronimo di Capacité de Resaux ferroviaires) per l'analisi della capacità di una rete ferroviaria e nella sua attività ha eseguito numerose valutazioni di infrastrutture ferroviarie, soprattutto in Svizzera (i valichi del Lötschberg e del Gottardo) e in Francia (nodo di Lione); viene interpellato dall'Osservatorio perchè si ritiene possa fornire un contributo importante alla comprensione delle modalità d'uso, i livelli di affidabilità e le interpretazioni del modello già utilizzato da RFI per l'analisi di capacità della Linea Storica fra Torino e Lione.

Storia e caratteristiche del modello. Il modello CAPRES è stato sviluppato a metà degli anni Novanta dal Litep, in collaborazione con le ferrovie svizzere, in quattro anni di lavoro, e rappresenta la risposta ai problemi posti dalla determinazione della capacità di una linea o di una rete ferroviaria.

Per progetti infrastrutturali importanti, soprattutto ferroviari, è normale che sorgano difficoltà in merito alla determinazione della capacità; problemi del genere si sono avuti in Svizzera, sia per il valico del Lötschberg che per il Gottardo, per i quali l'EPFL ha sviluppato il calcolo della capacità.



Il modello è uno strumento trasparente, che sulla base di ipotesi formulate con vari operatori e gestori permette di ottenere il calcolo della capacità pratica che rappresenta il numero di treni che possono passare sulla rete in relazione a un determinato orario ferroviario.

Attualmente il modello è utilizzato da varie reti ferroviarie; consiste in uno studio iterativo basato sulle previsioni di traffico e su uno scenario di evoluzione della domanda a 20-30 anni, tenendo conto delle varianti infrastrutturali, del materiale rotabile, dei costi di investimento, degli effetti sulla capacità e sulla qualità del servizio, della redditività socio-economica (relazione costi-ricavi).

Gli obiettivi degli studi di capacità sono la valutazione delle riserve di capacità di una rete per valutare le disponibilità di tracce, l'individuazione delle strozzature che limitano la capacità, la comparazione della capacità in relazione alle differenti strutture dell'orario (orari storici, orari cadenzati ecc.), la determinazione dell'evoluzione della capacità a seguito di modifiche introdotte (infrastrutture, materiali rotabili, parametri di esercizio), il dimensionamento e l'utilità degli investimenti.

Da sottolineare il guadagno di capacità possibile migliorando la qualità dell'offerta di trasporto, in mancanza di questa (treni che non circolano in orario) è inimmaginabile un calcolo di capacità.

Funzionamento del modello. In una rete metropolitana o tranviaria, dove i convogli hanno la stessa velocità e le stesse fermate, la capacità è definita come il rapporto tra il tempo e il distanziamento; viceversa, per il calcolo della capacità di una rete ferroviaria, come numero massimo di treni che vi possono circolare, non esiste ancora una formula precisa.

La determinazione della capacità di rete dipende inoltre dalle infrastrutture esistenti e da quelle future, da differenti fattori quali la stabilità di orario, tempi di percorrenza (elementi inerenti la qualità servizio), struttura dell'esercizio e struttura dell'orario.

La capacità pratica si riferisce all'esercizio della rete e deve tenere quindi conto di margini per eventuali operazioni sulle linee nonché per inconvenienti e manutenzioni.

La capacità teorica attiene invece all'esercizio senza alcuna perturbazione.

Ne discende che la definizione di capacità di una rete ferroviaria tradizionale corrisponde al numero massimo di treni che possono circolare durante un dato intervallo di tempo e in condizioni di esercizio stabilite.

Objectifs des études de capacité

- ✓ **Évaluation des réserves de capacité d'un réseau ferroviaire**
- ✓ **Détection des goulets d'étranglement de la capacité**
- ✓ **Comparaison de la capacité pour différentes structures d'horaires**
- ✓ **Détermination de l'évolution de la capacité lors de modification :**
 - des infrastructures
 - du matériel roulant
 - de paramètres d'exploitation
- ✓ **Dimensionnement et utilité des investissements de capacité**
 - effet de nouvelles lignes intégrées dans un réseau existant
 - comparaison des effets de différents investissements sur la capacité d'un réseau

Queste valutazioni hanno condotto all'elaborazione del modello, che non di simulazione o probabilistico, né calcola i tempi di percorrenza, ma è un metodo di calcolo iterativo i cui risultati sono verificabili in termini di coerenza e permettono raffronti, miglioramenti e valutazioni. Si tratta di un metodo per costruire l'orario (chiamato appunto metodo "costruttivo"), che comporta la saturazione della rete tenuto conto del numero, della frequenza e della priorità dei treni; il tutto sulla base di una strategia di saturazione definita dal gestore.

Parametri necessari. I parametri necessari per l'applicazione sono l'infrastruttura distinta in nodi e tratte, il materiale rotabile, la struttura dell'orario.

Per ogni tratta è definito il numero di binari e la tipologia degli stessi (banalizzati o no) nonché vengono definiti i nodi (semplici, giunzioni come incroci e bivi, complessi come le stazioni) ed i parametri dei diversi nodi.

I parametri dei treni sono l'itinerario e il binario utilizzato su ciascuna tratta, il tempo di percorrenza su ciascuna tratta, il tempo di arresto, l'ora di arrivo e/o di partenza nel nodo o nei nodi, la tipologia di treno (passeggeri o merci), la sua lunghezza.

Per quanto riguarda la saturazione, si determina un orario saturo a partire da un orario di partenza, un elenco di treni da inserire e una strategia di saturazione; il posizionamento delle tracce viene effettuato in relazione alle differenti tipologie di treni, in considerazione del distanziamento, così da verificare il posizionamento della traccia successiva ovvero la determinazione della sosta in stazione per evitare che le tracce si sovrappongano generando conflitti sulla tratta o nel nodo.

Applicazioni. Il modello è stato utilizzato in una serie di studi sulla capacità delle reti effettuati a partire dal 1995, fra i quali si segnala in particolare quello del 2000-2001 sulla capacità del nodo di Lione, realizzato per RFF.

L'obiettivo dello studio su Lione era di stimare la capacità di circolazione e definire uno scenario di gestione dell'infrastruttura rispondente ad esigenze future.

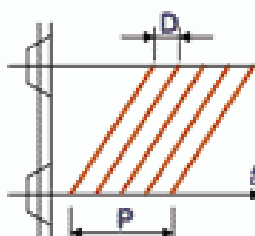
I vincoli introdotti consistevano nella determinazione della Regione Rhône-Alpes di sviluppare l'offerta ferroviaria nell'agglomerato di Lione mentre l'ambito degli studi dal punto di vista geografico investiva il territorio compreso fra Modane, Valencia e Digione.

Gli orizzonti temporali e gli obiettivi considerati erano 100 miliardi tonnellate/km al 2010 e 150 miliardi al 2020, con diversi orari di servizio (di punta, notturno, basso).

La problématique

◆ La capacité d'une ligne :

- Métro ou Tramway :
 - tous les trains circulent à la même vitesse



$$C = T/D$$

P : Période

D : Distançament minimum

- Chemin de fer avec trafic mixte : Méthode UIC et autres ...

◆ La capacité d'un réseau :

- Il n'existe pas de méthode analytique pour calculer la capacité d'un réseau
- La méthode doit tenir compte de l' "effet réseau"
 - un nœud ou un tronçon peut appartenir à deux (ou plusieurs) lignes

Angelo Tartaglia ricorda che uno dei punti di maggiore discussione dell'Osservatorio è stato quello della definizione della capacità reale sulla Linea Storica Torino-Lione.

Dalla presentazione fatta risulta che la capacità pratica viene calcolata sulla base di determinati dati inseriti nel modello, tra i quali vengono considerati anche gli elementi di flessibilità ed in particolare quelli relativi alla manutenzione.

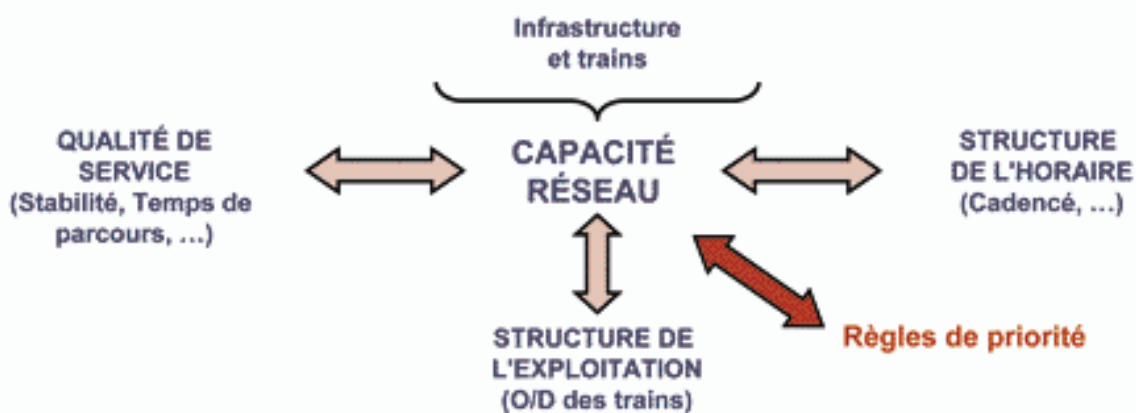
Questo punto, relativo alla stima delle ore di manutenzione ai fini della determinazione della capacità è stato oggetto di confronto in seno all'Osservatorio.

In particolare si è discusso se fosse necessario aggiungere, al risultato ottenuto tramite l'applicazione del modello, un'ulteriore riduzione per la manutenzione, alla quale si è poi aggiunta quella dovuta ai locomotori di spinta, perchè il gestore dell'infrastruttura ferroviaria ha spiegato che le ore di manutenzione quotidiane per linee di questo genere dovessero essere tre e non due. Però, laddove l'ulteriore riduzione dovesse essere effettivamente giustificata, dovrebbe essere inserita come dato iniziale del modello, non come un coefficiente correttivo. In ogni caso sarebbe utile disporre di un confronto con una situazione analoga a quella della Linea Storica, ad esempio la linea del Gottardo, per verificare la finestra utilizzata per la manutenzione.

Définition de la capacité d'un réseau ferré

La capacité d'un réseau ferroviaire est le nombre maximum de trains susceptibles de circuler,

- pendant un intervalle de temps donné
- et dans des conditions données d'exploitation



Définition de la capacité d'un réseau ferré (suite)

En d'autres termes :

- ◆ Avec un réseau dont les installations fixes, le système d'exploitation et les caractéristiques des convois sont donnés, ces conditions d'exploitation impliquent de fixer :
 - une structure d'exploitation du réseau en lignes (O/D des convois)
 - une structure de l'horaire (cadencé ou non, correspondances à assurer, succession des catégories de train sur les lignes, ...)
 - une qualité de service voulue (stabilité de l'horaire, qualité des prestations, temps de parcours O/D, ...).

Di più, considerando che il modello CAPRES è utilizzato per determinare la capacità sulla base dell'orario praticabile su una rete, date delle ipotesi di base, quindi sulla base di un modello di esercizio ottimale, la casistica completa degli elementi di flessibilità (tra cui le ore di manutenzione aggiuntive) è già considerata nel modello come dato di input, quindi il risultato è una capacità pratica che non ha bisogno di ulteriori correttivi.

In conclusione, sarebbe necessario sapere se sono state eseguite valutazioni delle condizioni di utilizzo della linea sull'intero anno, per comprendere quanti giorni sono stati considerati ai fini della determinazione della capacità, facendo riferimento in particolare al dato di 300 giorni già stimato in precedenza.

Giannicola Marengo, in merito alla strategia di saturazione, rileva che dipende dalle scelte fatte e quindi immagina che essa comporti, quale ordine di preferenza tra i diversi tipi di treni, il posizionamento prima dei treni a lunga percorrenza, poi dei regionali ed infine dei treni merci; in considerazione di ciò, chiede di conoscere le conseguenze di una variazione dei treni a lunga percorrenza.

Analyse de la capacité par saturation d'horaire

- ◆ **La méthode d'évaluation de la capacité utilisée par CAPRES consiste à élaborer l'horaire qui sature le réseau,**
 - en respectant la **stratégie de saturation** définie par l'utilisateur
 - ainsi que les **contraintes d'infrastructures et d'exploitation**
- ◆ **la stratégie de saturation est l'information complémentaire qui permet de définir où, quand et comment utiliser la capacité du réseau**
 - Elle définit entre chaque paire "origine-destination" dans le réseau:
 - les différentes catégories de trains et leurs prestations
 - leurs proportions
 - leurs priorités quant à l'utilisation de la capacité

Andrea Carpi chiede chiarimenti in merito alle regole di priorità, in particolare chiede di sapere se queste regole sono prioritarie nel modello o considerevolmente importanti ma non prioritarie.

Sul tema della manutenzione, Luigi Lucchini ribadisce che il modello si basa su parametri che considerano tutti i condizionamenti dell'esercizio ferroviario, quindi anche la manutenzione; per questo motivo ritiene importante definire tali parametri a priori con gli esercenti, così che il risultato dell'applicazione del metodo non necessiti di ulteriori correttivi.

Sul tema della strategia, Luigi Lucchini rileva che la capacità dipende fortemente dalla struttura dell'orario e dalla qualità del servizio. Anche sul valico del Gottardo è riconosciuta priorità ai treni a lunga percorrenza e poco spazio è lasciato ai treni merci; tuttavia è possibile effettuare delle analisi di sensitività per verificare la reazione alle modifiche di orario dei treni a lunga percorrenza attraverso una riduzione della loro ve-

locità per favorire i treni merci. I treni a lunga percorrenza hanno vincoli forti legati alle coincidenze e alla qualità dei servizi; di fatto sono fondamentali le regole di priorità e il rispetto dei tempi di percorrenza.

In merito all'arco temporale preso in considerazione, osserva che il periodo di analisi è scelto dall'utente; dalla capacità dell'arco temporale considerato è quindi possibile stimare la capacità annuale.

Lionel Perrollaz, a proposito della manutenzione applicata sulla rete francese, segnala che in passato le ore destinate alla manutenzione erano due, mentre oggi, per motivi di organizzazione generale della rete e in particolare per l'introduzione di un cadenzamento dell'orario, RFF ha modificato la finestra manutentiva giornaliera: un nuovo modo di lavoro che aumenta la finestra manutentiva giornaliera, in media di un'ora al giorno. L'obiettivo di RFF è organizzare la pianificazione in modo tale che i lavori di manutenzione non impattino sugli orari viaggiatori.

Manutenzione sul Gottardo. Robert E. Rivier osserva che il problema della manutenzione è oggetto di analisi precise in Francia a seguito del Rapport d'audit sur les grands projets d'infrastructures de transport (realizzato dal Governo francese nel febbraio 2003, acquisito dall'Osservatorio nella riunione del 27 febbraio 2007, ndr). Sul Gottardo, che rappresenta una direttrice importante, in considerazione della banalizzazione delle tratte è possibile eseguire interventi di manutenzione su una tratta ponendo fuori servizio un binario senza che ciò impatti sulla circolazione che viene comunque garantita attraverso l'altra. Da qui l'importanza di eseguire una pianificazione anticipata della manutenzione, così da avere una visione futura e poter modificare l'orario quando necessario per procedere a interventi programmati.

Luca Bassani ritiene che la finestra manutentiva di due ore rappresenti una regola standard utilizzata sulla rete italiana. In merito alla manutenzione eseguita sulle reti svizzere, sottolinea che le modalità di manutenzione applicate comunque non escludono riduzione di capacità, che sono semplicemente distribuite sulla intera giornata.

EPFL Thèse de doctorat n° 1632 – Année 1997

Analyse de la capacité par saturation d'horaire

- ◆ **La méthode d'évaluation de la capacité utilisée par CAPRES consiste à élaborer l'horaire qui sature le réseau,**
 - en respectant la **stratégie de saturation** définie par l'utilisateur
 - ainsi que les contraintes d'infrastructures et d'exploitation

- ◆ **la stratégie de saturation est l'information complémentaire qui permet de définir où, quand et comment utiliser la capacité du réseau**
 - Elle définit entre chaque paire "origine-destination" dans le réseau:
 - les différentes catégories de trains et leurs prestations
 - leurs proportions
 - leurs priorités quant à l'utilisation de la capacité

Questa modalità di manutenzione è la conseguenza delle caratteristiche dell'infrastruttura, infatti in Svizzera la rete è costituita da diversi nodi che consentono il trasferimento del treno da un binario ad un altro.

In merito alla manutenzione notturna, RFI ha avviato un dibattito interno per spostare le finestre manutentive di notte, riducendole il più possibile; purtroppo ciò determina il sorgere di problemi sindacali.

Un ulteriore problema legato alla manutenzione è quello della sicurezza: attualmente, soprattutto nelle lunghe gallerie, si tende a eseguire la manutenzione senza che ci siano treni in circolazione al fine di garantire una maggiore sicurezza del personale.

Circa il dato di 300 giorni l'anno di utilizzo della Linea Storica, potrebbe essere preso come riferimento per il servizio dell'autostrada ferroviaria; per gli altri tipi di trasporto (tradizionale, combinato) il valore risulta dell'ordine dei 200-220 giorni/anno.

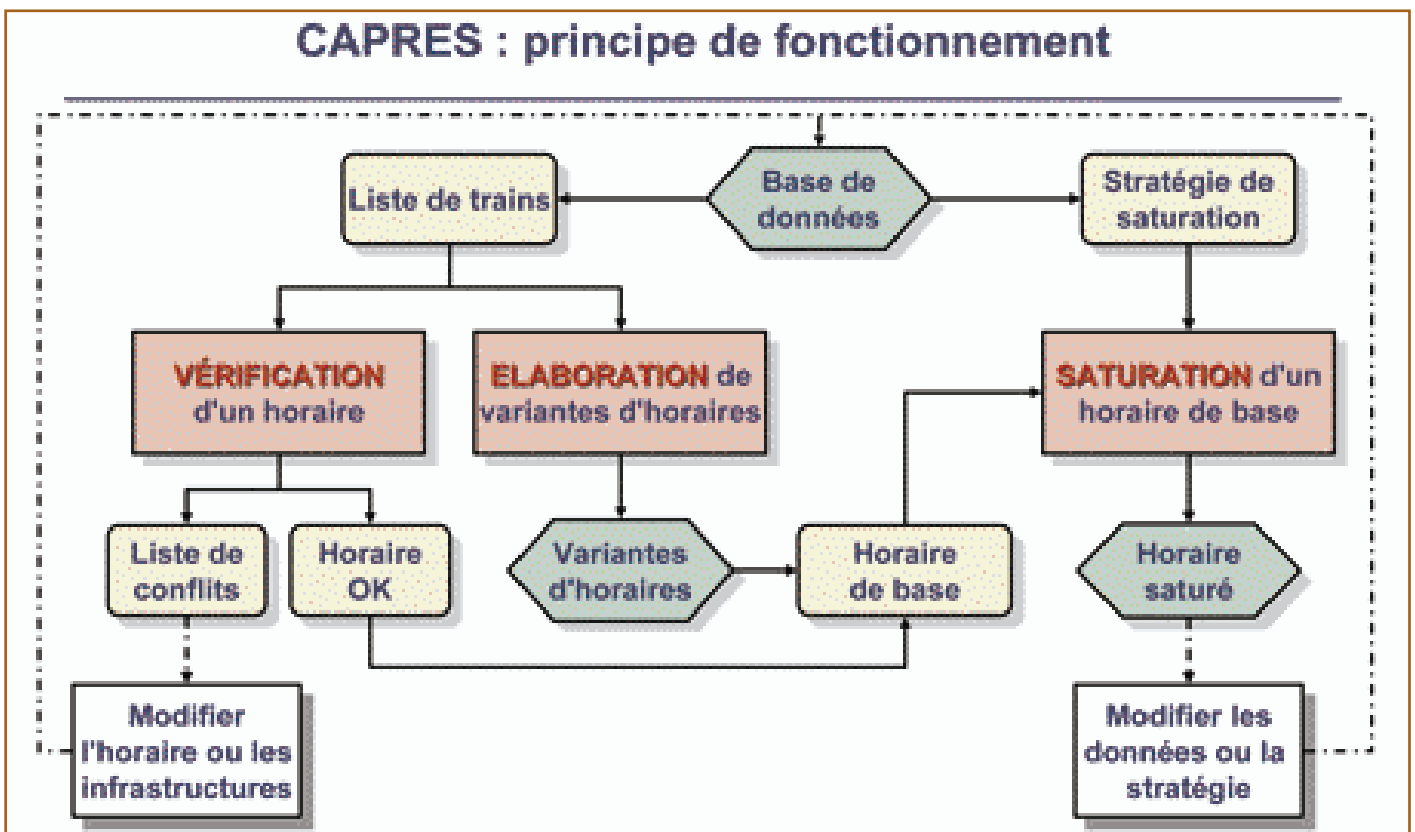
Gérard Cartier aggiunge che il gestore della linea del San Gottardo ha confermato che, pur non essendoci interruzioni di circolazione a causa della manutenzione, questa impatta ugualmente sulla capacità.

Andrea Debernardi osserva che è molto importante il modello di esercizio per l'applicazione del metodo CAPRES e il calcolo della capacità, perchè non si tratta di un sistema di simulazione ma di un modello che fornisce la capacità solo dopo la definizione del modello di esercizio; da qui l'importanza di entrare nel merito, discutendo dei modelli di esercizio della Linea Storica e di tutti i possibili vincoli alla circolazione.

Necessità di essere analitici. Robert E. Rivier osserva che per la definizione del modello di esercizio è necessario essere analitici, perchè bisogna trovare un equilibrio tra la circolazione dei treni e la capacità.

Se alla base si dispone di un metodo di calcolo scientifico, trasparente, le ipotesi potranno essere verificate al fine di valutare l'attendibilità. Al contrario, se il metodo scientifico è sostituito dalla sensibilità di esperti, potrebbero esserci tante ipotesi diverse quanti sono gli esperti.

CAPRES : principe de fonctionnement



Saverio Palchetti rileva un utilizzo differente del termine capacità pratica secondo il CAPRES e secondo lo studio della potenzialità che RFI ha presentato: per il modello, la capacità pratica è il numero di treni possibili, circolanti con tutte le garanzie di sicurezza, relativi a un'orario saturato.

Quindi essa è legata ad un determinato modello di esercizio.

RFI considera invece la capacità pratica in termini di numero di tracce, non facendo riferimento ad un orario e ad un modello di esercizio.

Il dato in tracce viene successivamente tradotto in numero di treni, e quindi di capacità effettiva, attraverso dei coefficienti correttivi; sarebbe quindi necessario utilizzare una terminologia condivisa, tenuto conto che è essenziale, parlando di treni, riferirsi ad un preciso modello di esercizio.

CAPRES : principes de la modélisation

- ◆ **CAPRES n'est pas un modèle de simulation**
 - pas de diffusion des contraintes
 - pas d'évolution au cours du temps
- ◆ **CAPRES n'est pas un modèle probabiliste**
 - tous les paramètres sont fixes et déterminés
- ◆ **CAPRES ne fait pas de calcul de marche des trains**
- ◆ **Mais *la méthode utilisée est une méthode "constructive"***
- ◆ **Avantages d'une telle modélisation**
 - nécessite de faibles quantités des données
 - Modification simple et rapide de tous les paramètres qui influencent la capacité
 - Analyse aisée des résultats
 - horaires graphiques et plan d'occupation des voies

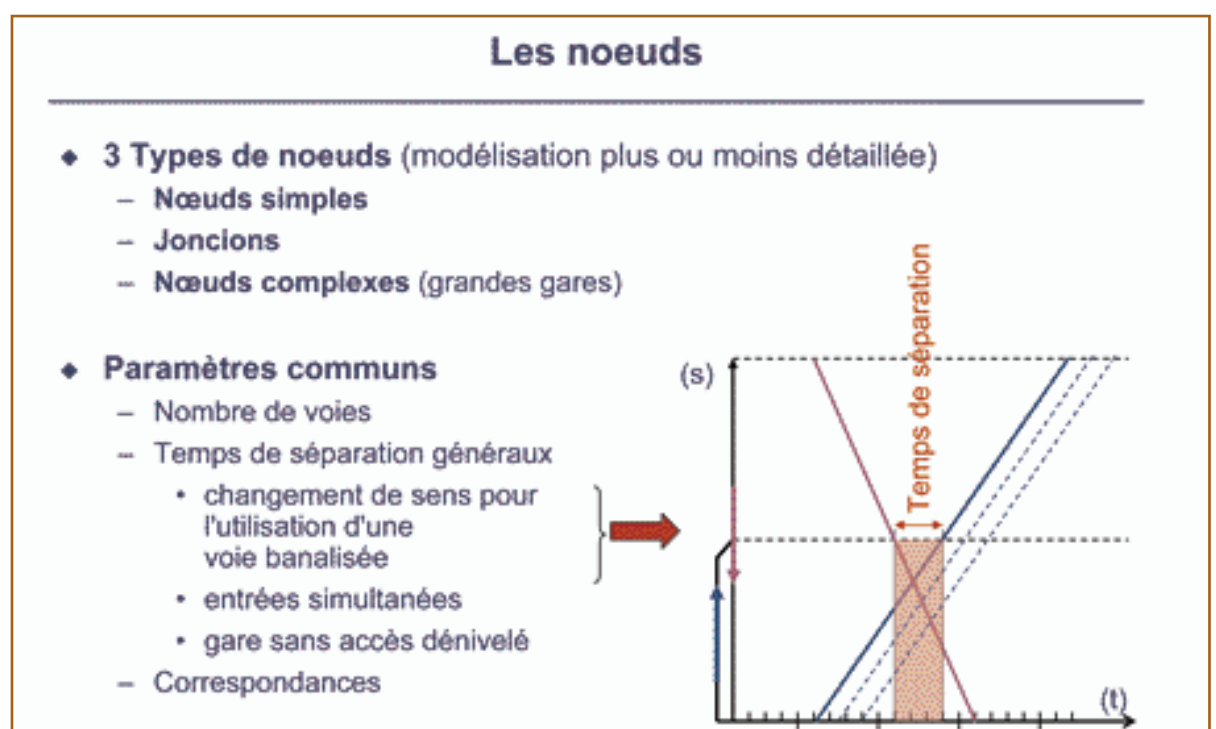
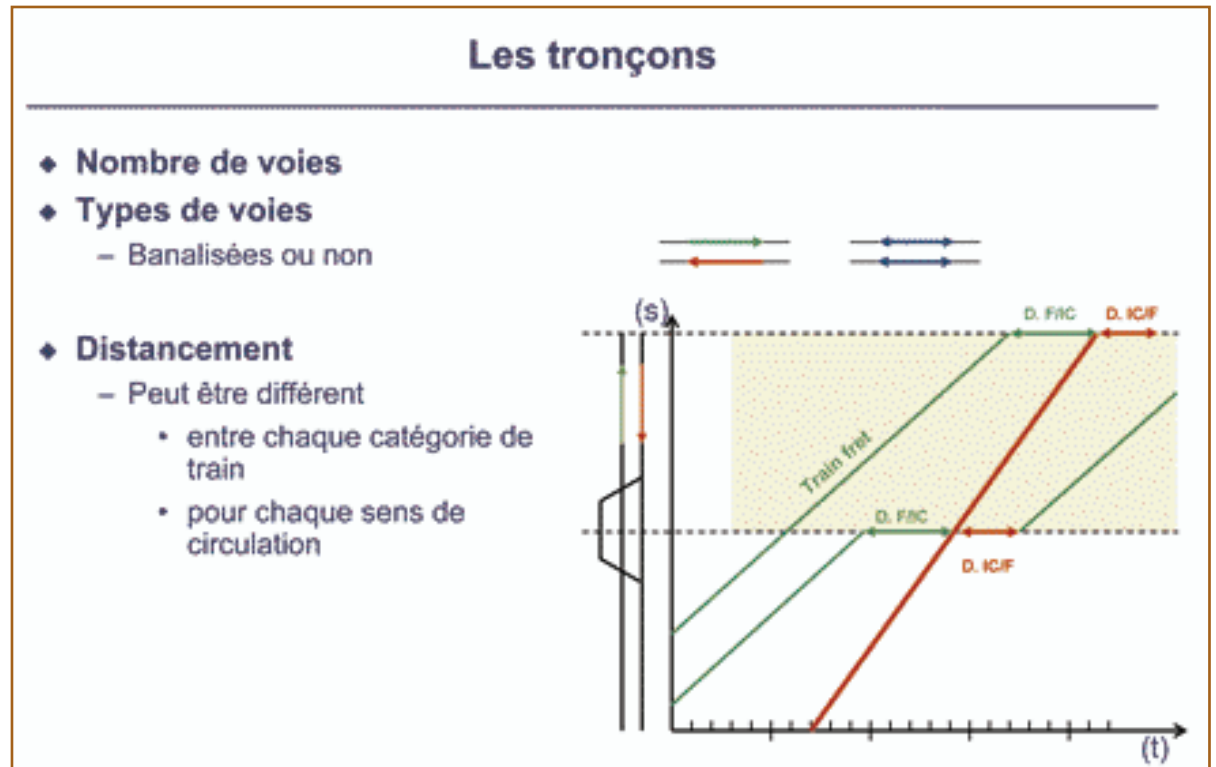
Paramètre nécessaires à la modélisation

- ◆ **Infrastructure**
 - Décomposée en nœuds et tronçons
 - Définition des paramètres et règles utilisées pour la succession des trains
 - distancement, temps de séparation, ...
- ◆ **Matériel roulant**
 - Définition des paramètres pour la circulation des trains
 - itinéraire, temps de parcours, ...
- ◆ **Structure de l'horaire**
 - Définition des paramètres nécessaire à la construction des horaires
 - nombre, fréquence, priorité des trains, ...

Mario Virano, dopo aver ribadito l'utilità dell'incontro al fine di risolvere alcuni elementi di incomprensione emersi nel corso della discussione sulla capacità della Linea Storica, rileva che con la presentazione del metodo CAPRES è emerso per la prima volta il tema dell'orario ferroviario come elemento centrale.

Inoltre è chiaro che il modello acquisisce preventivamente tutte le variabili da considerare; nell'applicazione fatta da RFI, in base al suo bagaglio di esperienza e alla sue consuetudini, alcune variabili sono state immesse nel modello mentre altre, quali la manutenzione, sono state ricondotte nell'ambito dei coefficienti correttivi.

Comunque, rilevando che è stato osservato che sarebbe stato più efficace svolgere la presentazione del modello all'inizio della trattazione della capacità della Linea Storica,



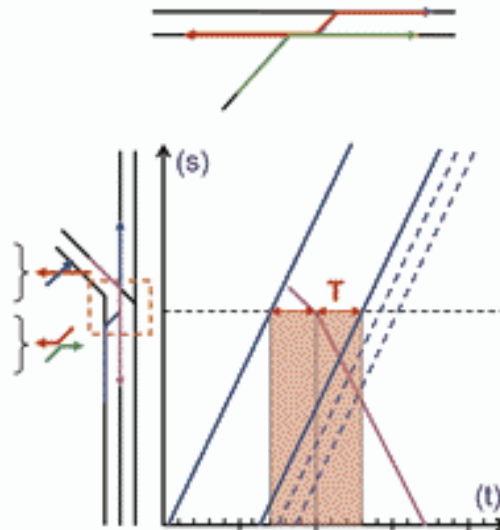
Les jonctions

◆ Jonction utilisée quand :

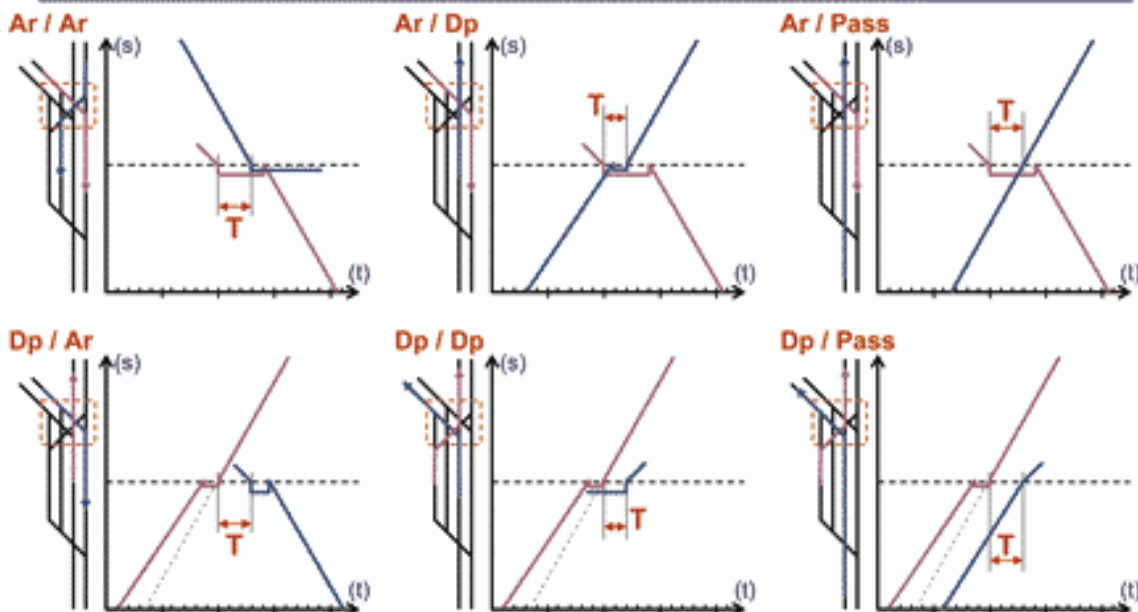
- Aucun train ne s'arrête
- Croisement d'itinéraires à niveau
 - un saut de mouton est modélisé comme un nœud simple

◆ Paramètres

- Position géographique des voies arrivant dans la jonction
 - détection automatique des cisaillements
 - modélisation des autres itinéraires incompatibles
- Temps de séparation entre deux itinéraires incompatibles



Les 6 temps de séparation



Les grandes gares

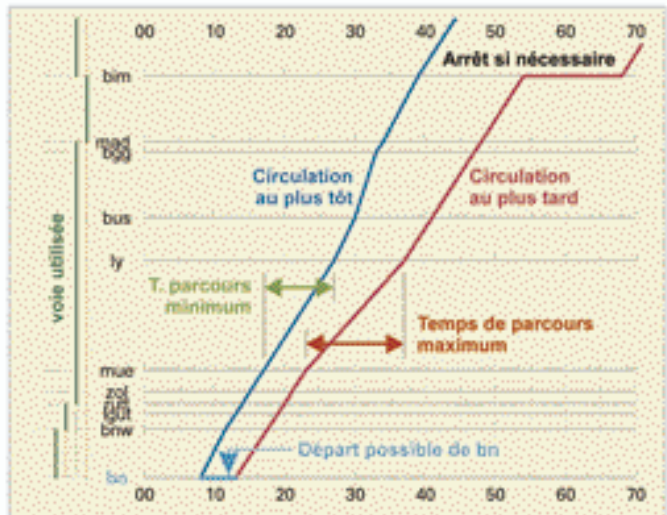
◆ Principaux paramètres

- Longueur des voies et des quais
- Pour chaque tête de gare
 - position géographique des voies arrivant dans la gare
 - détection automatique des cisaillements
 - modélisation des autres itinéraires incompatibles

Les trains

◆ Paramètres

- Itinéraire et voie utilisée sur chaque tronçon
- Temps de parcours sur chaque tronçon
- Temps d'arrêt
- Heure d'arrivée et/ou de départ dans un ou plusieurs nœuds
- Catégorie et type de train
 - train voyageurs
 - train marchandises
- Longueur du train



SATURATION d'un horaire de base

◆ Données

- Un horaire de base
- Une Liste de trains à placer
- Une stratégie de saturation

◆ Résultats

- UN horaire saturé
 - qui respecte la **stratégie de saturation** définie par l'utilisateur ainsi que les contrains de infrastructures et d'exploitation
 - qui contient le nombre maximum de trains saturants

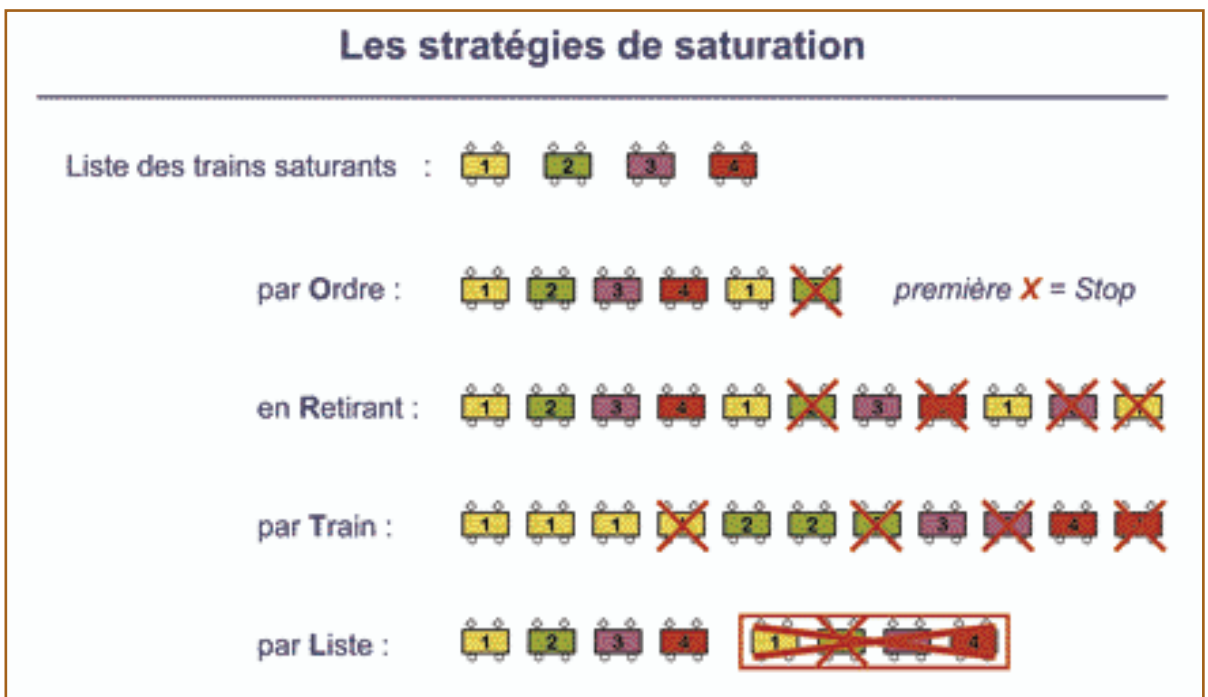
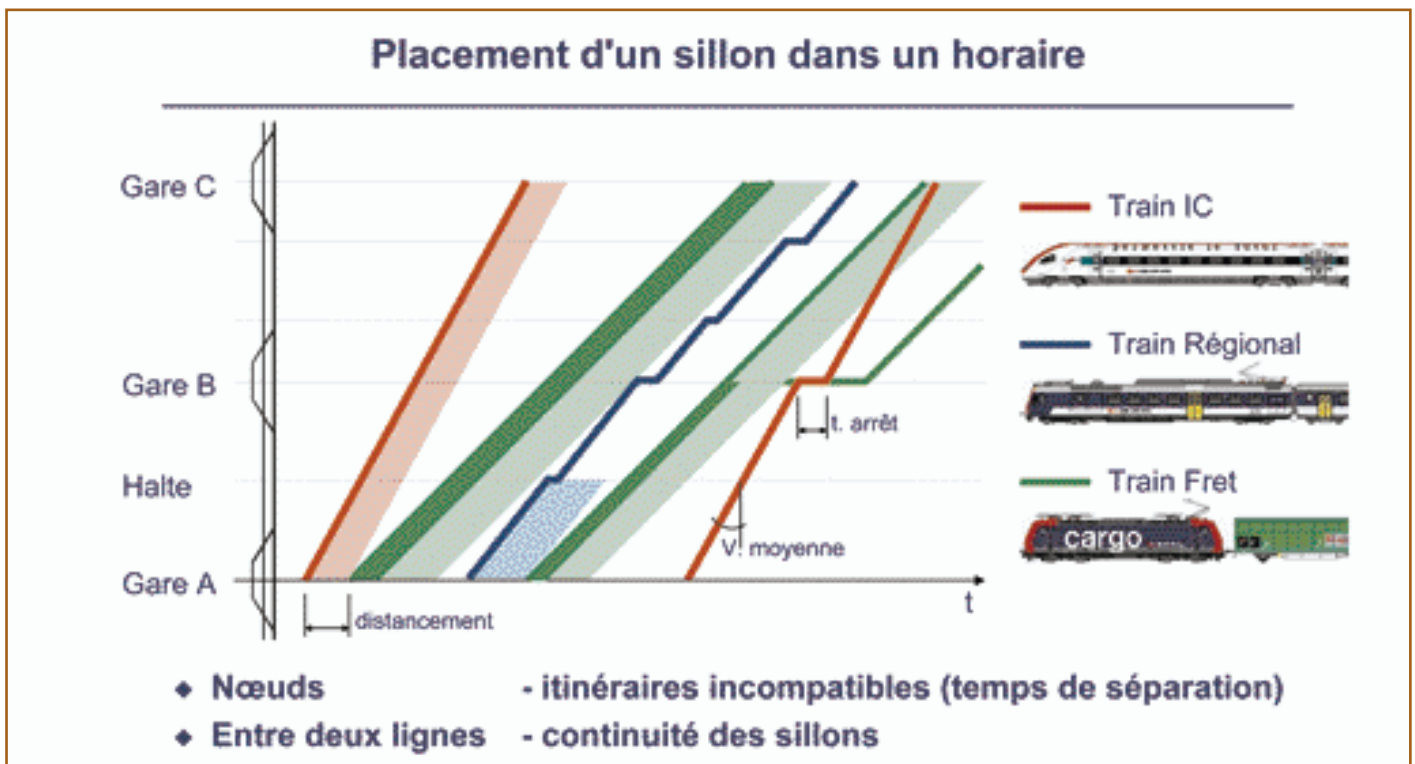
◆ Remarque

- Un horaire saturé peut être utilisé comme horaire de base pour une nouvelle saturation

- temps de séparation entre itinéraires incompatibles, en fonction de la succession des événements :
 - Arrivée – Arrivée
 - Arrivée – Départ
 - Arrivée – Passage (sans arrêt)
 - Départ – Arrivée
 - Départ – Départ
 - Départ – Passage
- Temps séparant l'utilisation successive d'une voie de gare par 2 trains
- Interdiction d'une voie pour un train ou une catégorie de trains
- ...

ritiene tuttavia che la discussione svolta non infici gli accordi raggiunti dall'Osservatorio in termini di capacità della Linea per la tratta di alta valle, considerata fino a questo momento; resta da valutare la capacità della tratta di bassa valle e il tema del nodo di Torino. In merito a questi temi, comunica la disponibilità manifestata da RFI a utilizzare il modello CAPRES per la valutazione della capacità del nodo: in considerazione di ciò, e al fine di capitalizzare la discussione, propone che sia l'Osservatorio a predefinire, di comune accordo, tutti gli elementi di input da inserire nel modello. Infine, rileva che l'incontro odierno potrebbe rappresentare l'inizio di un rapporto di collaborazione con il Prof. Rivier.

Carlo Alberto Barbieri, concorda sul fatto che la capacità debba essere calcolata



in treni sulla base di un modello di esercizio, tuttavia ritiene che allo stato mancano ancora alcuni elementi per trasformare le tracce in treni e che questi coefficienti di conversione saranno introdotti quando si affronterà il tema del nodo di Torino. In merito all'applicazione del modello per la tratta bassa e del nodo, auspica sia considerato anche Corso Marche, che concorre all'ingresso dei treni merci nel Passante, e la Gronda.

Maria Sorbo, in merito alle alternative di progetto da inserire nel modello CAPRES, ricorda che i comuni della Gronda hanno richiesto di ragionare anche su ipotesi alternative all'attuale tracciato della Gronda Nord presentato da RFI, pur comprensive del collegamento con l'interporto di Orbassano.

Exemple d'étude : Contournement ferroviaire fret de Lyon

◆ Réalisée pour : RFF Réseau Ferré de France

◆ En : 2000 - 2001

◆ Objectif :

- Identifier les enjeux en terme de capacité et de circulations
- Définir des scénarios d'aménagements des infrastructures permettant de répondre aux besoins futurs

◆ Contraintes :

- tenir compte des souhaits de la région Rhône-Alpes de développer l'offre ferroviaire dans l'agglomération de Lyon
 - Étude parallèle sur la "Capacité du nœud ferroviaire lyonnais"



Champ d'étude

◆ Géographique

- Région Rhône-Alpes
 - Lignes classiques
 - Principales gares

◆ États de planifications

- 2010 : objectif fret 100 Gtk
- 2020 : objectif fret 150 Gtk

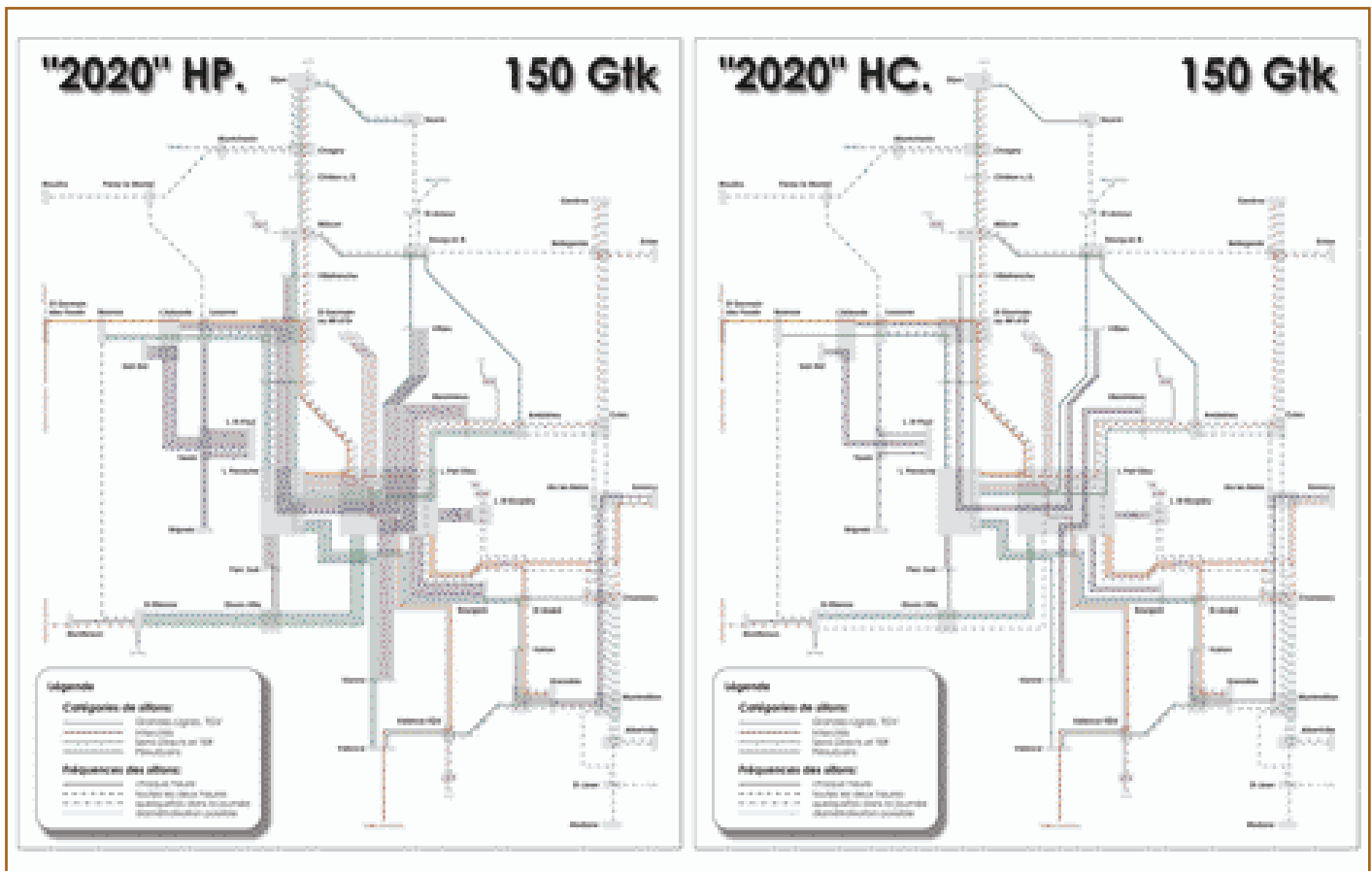
◆ Périodes horaires

- Heure de pointe voyageurs
- Heure creuse
- Heure de nuit

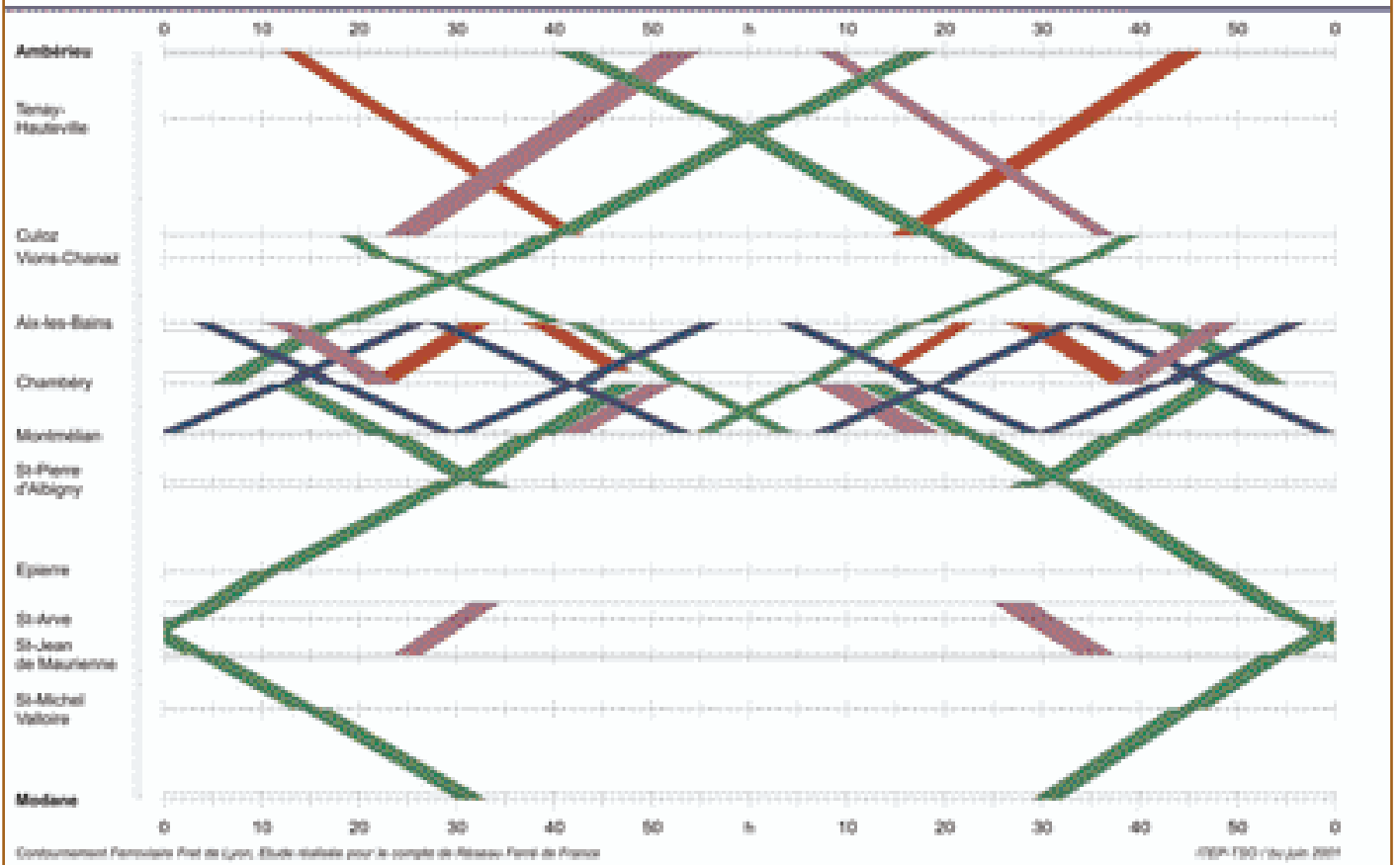
Luca Bassani condivide l'approccio del Presidente e la proposta metodologica, e conferma la disponibilità di RFI a studiare il Nodo di Torino sulla base di un quadro chiaro della domanda e delle varie tipologie di treni, del loro numero, delle fermate e della configurazione futura infrastrutturale del Nodo. Per quanto riguarda le stime della capacità in termini di numero di treni e non di numero di tracce, segnala che questi treni erano correlati a un'ipotesi di modello di offerta contenuta nello studio del 2000.

Démarche de l'étude de capacité

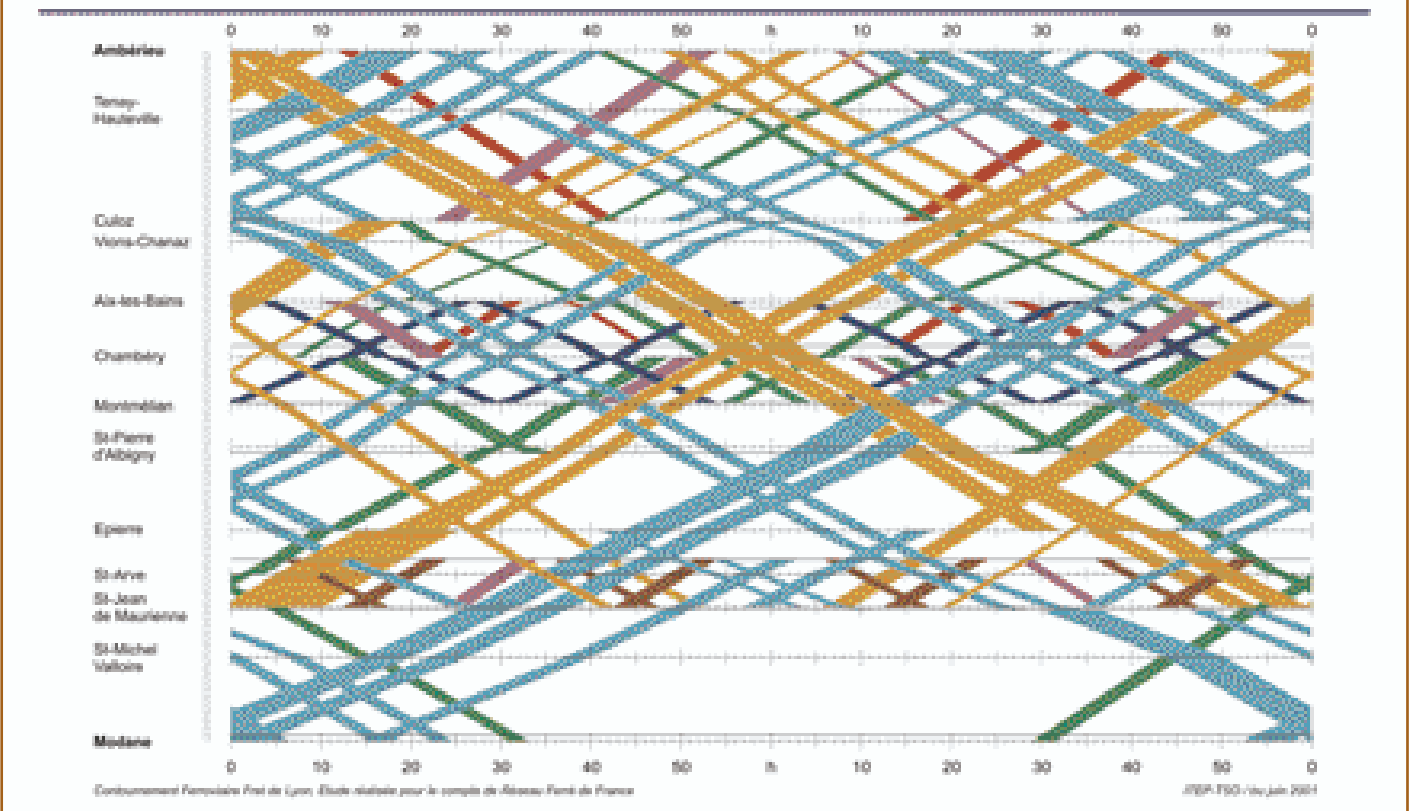
- ◆ **Définition des besoin en transport**
 - sillons voyageurs
 - HP et HC
 - correspondances / qualité de service souhaité
 - sillons frets
 - nombre min par O/D et par catégorie (MA 100, ME 120, ...)
 - priorité entre type de trains et
- ◆ **Élaboration d'un horaire voyageur cadencé**
 - tenant compte des contraintes connues
 - pose souvent des problèmes d'acceptation
 - HC par suppression de quelques sillons
- ◆ **Saturation avec les sillons fret**
 - part tranche de 2 ou 4 heures



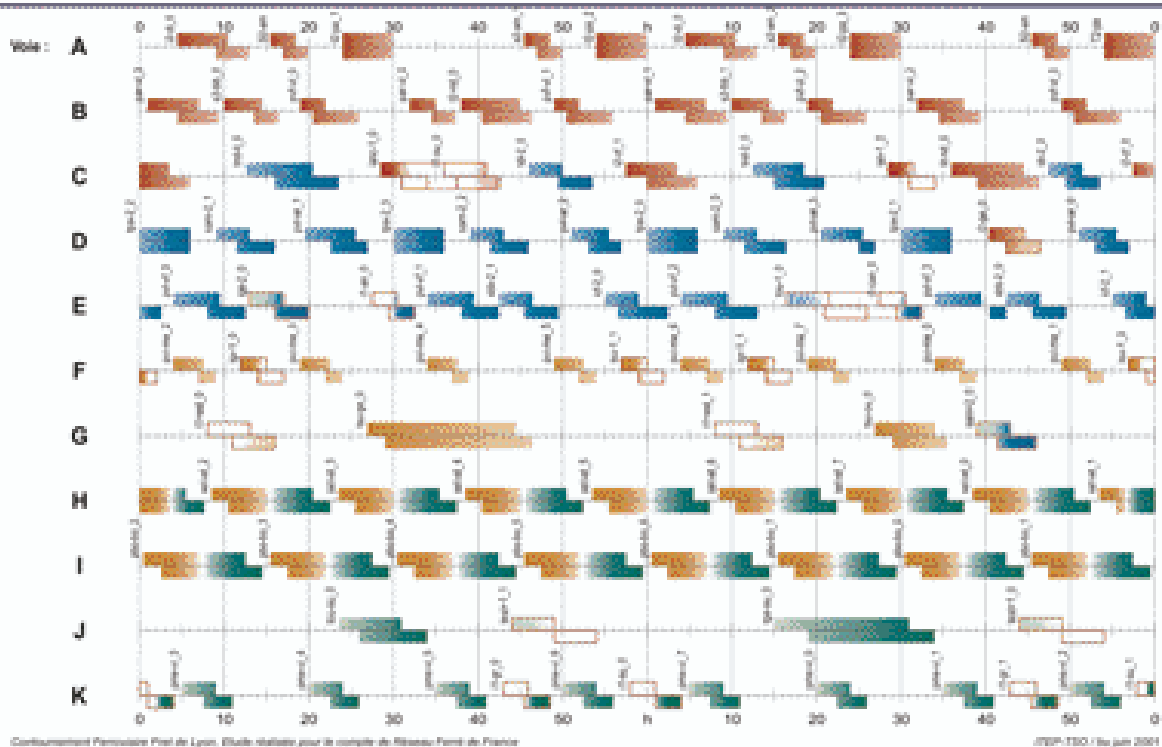
Exemple d'horaire voyageurs (2020 HP)



Exemple d'horaire saturé (HP 2020)



Exemple de plan d'occupation de voie de gare



Extrapolation pour obtenir la capacité journalière

Flux Dijon → Italie
Répartition horaire après affectation Famille CENTRE 150 Gtk et décompte des trains voyageurs de nuit

