

**Magistrale pour l'Europe /
Trains pour l'Europe**

20 octobre 2009

Version 2-00

**Magistrale pour l'Europe /
Trains pour l'Europe**

20 octobre 2009

Magistrale pour l'Europe /
Trains pour l'Europe

Table des matières

1.	Résumé	1
2.	Mission	3
3.	La Magistrale, une vision européenne	4
4.	Méthodologie	7
5.	Temps de parcours et accessibilité le long de la Magistrale	8
5.1	Sélection des années de référence	8
5.2	Sélection des villes de références.....	9
5.3	Hypothèses méthodologiques.....	10
5.4	Résultats et interprétations	10
5.4.1	Le meilleur temps de parcours.....	11
5.4.2	Nombre de liaisons.....	13
5.4.3	Degré de cadencement.....	15
5.5	Représentations récapitulatives	17
5.6	Conclusions	19
6.	Scénarios d'aménagement de l'infrastructure	21
6.1	Scénario 1 d'infrastructure (2015).....	23
6.2	Scénario 2 d'infrastructure (2020).....	25
6.3	Gains de temps supplémentaires	26
6.4	Résumé	26

Magistrale pour l'Europe /
Trains pour l'Europe

7.	Interactions entre l'horaire et l'infrastructure.....	28
7.1	Remarques préliminaires	28
7.2	Conditions-cadres et restrictions relatives à la conception de l'horaire.....	29
7.3	Combinaison de réduction de temps de parcours et de contraintes de tracé.....	33
7.4	Le rôle de l'horaire dans la planification de l'infrastructure.....	37
8.	Approches pour un processus de planification européen.....	40
8.1	Organes de coordination actuelles	40
8.1.1	RailNetEurope (RNE)	40
8.1.2	Forum Train Europe (FTE).....	41
8.1.3	Alliances et sociétés communes	41
8.1.4	Synthèse de la situation actuelle.....	42
8.2	Planification européenne des sillons à l'avenir	43
8.2.1	Définition des objectifs	43
8.2.2	Outils	44
8.2.3	Qui pourrait initier cette procédure?.....	46
9.	Index et référencess	47

Magistrale pour l'Europe /
Trains pour l'Europe

Annexes

Figures: différence des temps de parcours.....	1
Figures: différence du nombre de liaisons	2
Figures: taux de cadencement	3
Hypothèses et méthodologie de conception de scénarios d'horaires	4
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 1), fixé à Paris.....	5
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 1), fixé à Vienne.....	6
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 2), fixé à Paris.....	7
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 2), fixé à Vienne.....	8
Les difficultés techniques rencontrées	9
Ebauches de solutions sur l'infrastructure	10

1. Résumé

Le corridor ferroviaire Paris – Bratislava/Budapest, connu sous le nom de « Magistrale pour l'Europe », s'inscrit dans le programme du réseau ferroviaire trans-européen prioritaire, le Trans-European Network (TEN). Ce programme, qui vise entre autres l'amélioration des liaisons internationales sur le continent, prévoit l'aménagement des infrastructures existantes et l'élaboration de nouveaux projets, allant des études aux montages financiers.

La présente étude a pour objectif d'analyser les offres existantes, d'attirer l'attention sur les points faibles de l'offre et de l'exploitation, de mettre en évidence les interactions entre horaires et infrastructure et d'esquisser des propositions en vue d'accroître l'attractivité de la Magistrale.

Les analyses réalisées permettent de démontrer que la création de nouvelles infrastructures ferroviaires (lignes, gares, installations de sécurité) n'est qu'un des éléments permettant d'offrir aux futurs trafics (non seulement voyageurs mais aussi marchandises) un service optimisé, en particulier concernant les temps de parcours.

De nombreuses catégories de trains, comportant des services très différents selon le marché pour lesquels ils ont été conçus (des trains internationaux à grande vitesse jusqu'aux trains locaux marquant de nombreux arrêts), circulent aujourd'hui le long de la Magistrale.

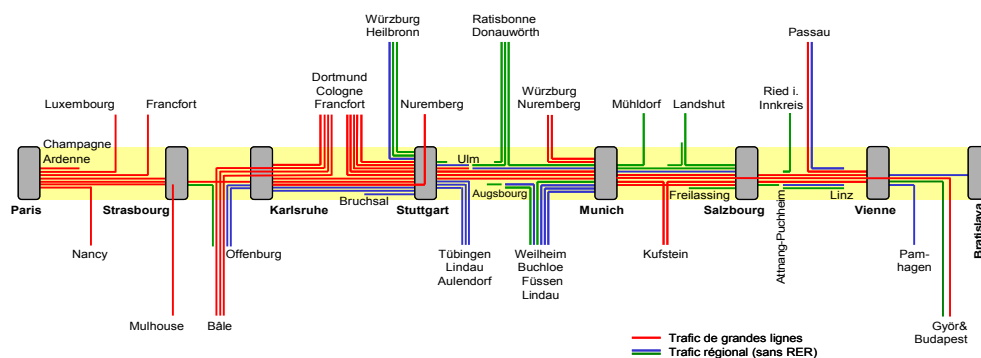


Illustration 1 Les trains de la Magistrale

Cette situation implique la coexistence d'objectifs très contrastés (voire même contradictoires) pour les différentes entreprises de transport empruntant ce corridor, ce qui rend la planification de ces multiples services très complexe.

A cela s'ajoute l'évolution des conditions cadres dictées par les autorités européennes et nationales dans le domaine du chemin de fer. Celles-ci concernent d'une part la concession pluriannuelle des services ferroviaires régionaux, et d'autre part la libre concurrence dans le domaine du trafic international de voyageurs, suivant le principe de libre accès aux réseaux.

Les attentes des entreprises de transport et les conséquences de la législation européenne créent une complexité encore accentuée par les contraintes techniques de l'infrastructure et de la planification des horaires. Cette complexité influence de manière décisive la conception des règles de priorité et la répartition de la capacité entre les entreprises de transport qui en découle.

L'étude démontre que les gains de temps de parcours payés par d'énormes investissements dans l'infrastructure n'ont, dans la pratique, pas toujours abouti aux améliorations d'offre et aux réductions des durées de voyage visées. En effet, en dépit de ces nouvelles infrastructures, une organisation optimale des services ferroviaires et un concept de correspondances attractif entre les trains de la Magistrale et ceux des axes affluents est souvent impossible à mettre en œuvre.

Cette analyse démontre que les voyageurs peuvent disposer des temps de parcours les plus attractifs et de fréquences accrues seulement si le développement des infrastructures et des services ferroviaires (c'est-à-dire les horaires) sont planifiés de manière simultanée et coordonnée sur l'ensemble de la Magistrale.

Ces résultats mettent donc en évidence l'importance de tenir compte de l'interaction complexe qui existe entre infrastructure et services ferroviaire dès les premières étapes de tout projet ferroviaire. Pour ce faire, les gestionnaires d'infrastructure européens devront coordonner et optimiser l'ensemble des projets d'horaire à long terme, tout en identifiant les aménagements d'infrastructure optimaux nécessaires. C'est sur cette base qu'il sera possible d'offrir aux entreprises de transport des sillons horaires de qualité et performants, planifiés de manière optimale aussi bien sur le trafic international, national que régional.

Au final, ces enseignements laissent présager que la réforme des chemins de fer en Europe devrait se poursuivre à l'avenir. Au sein de la structure dense et complexe des services ferroviaires européens, cette nouvelle approche aura des conséquences positives sur la libéralisation, tout en permettant aux entreprises de disposer de sillons performants et aux pouvoirs publics de tirer un maximum de bénéfices des investissements réalisés et d'assurer un service optimal à la population.

2. Mission

Les villes, régions, pays et leurs Chambres de Commerce et d'Industrie le long de la « Magistrale pour l'Europe » ont pour but commun de soutenir du point de vue politique l'aménagement du corridor ferroviaire Paris – Munich – Vienne – Bratislava / Budapest, voire en accélérer la mise en œuvre.

L'association « Initiative Magistrale pour l'Europe » créée à ces fins souhaite promouvoir simultanément des mesures pour améliorer le trafic ferroviaire entre les différentes des gares de la Magistrale et sur l'ensemble du parcours. Finalement, les efforts visent à augmenter sensiblement l'attractivité de la Magistrale en vue de permettre aux futurs gestionnaires une rentabilité élevée.

L'association organise de vastes campagnes d'information et fournit en outre un travail remarquable sous forme de documentations et d'études techniques et scientifiques. Jusqu'ici, l'accent était principalement mis sur les lignes et les gares. Les discussions avaient accordé une attention moins ciblée au fait que l'infrastructure joue pour le client un rôle subordonné dans le choix d'un moyen de transport. L'offre, en particulier le temps de parcours, le nombre de liaisons et des horaires faciles à retenir, sont en réalité l'argument décisif pour le client. Il convient donc d'optimiser ces derniers dans le cadre d'un processus coordonné.

La présente étude a pour objectif de mettre en évidence les interactions entre horaires et infrastructure, d'analyser les offres existantes, d'attirer l'attention sur les points faibles au sein de l'offre et de l'exploitation et d'esquisser des propositions en vue d'accroître l'attractivité de la Magistrale.

3. La Magistrale, une vision européenne

On désigne par le projet „Magistrale pour l'Europe“ une infrastructure ferroviaire dans le corridor Est – Ouest qui est délimité par les capitales Paris et Bratislava, respectivement Budapest. Il ne s'agit pas d'un projet ferroviaire clairement délimité avec une gestion de projet parfaitement définie (au sens administratif) et des directives techniques unifiées relatives à l'exécution et à l'horizon de réalisation. La Magistrale représente bien plus un enchaînement de nouveaux tronçons et d'aménagements nationaux qui vont, en premier lieu, améliorer la qualité de l'offre ferroviaires nationale et régionale.

Du point de vue de la planification du trafic, il existe le long de la Magistrale de nombreux marchés partiels locaux, régionaux et nationaux qui, en termes de chiffres, sont nettement plus importants que le trafic international. Citons l'exemple du tronçon à 4 voies entre Paris-Est et Vaires – le début de la ligne à grande vitesse TGV Est – sur lequel le nombre de trains et de voyageurs du trafic parisien de banlieue excède celui des trains TGV des trafics nationaux et internationaux. Nous rencontrons une situation similaire dans les autres grandes agglomérations comme Stuttgart, Munich ou Vienne.

Sur un court tronçon, précisément entre Appenweier et la bifurcation de Bruchsal Nord (via Karlsruhe), l'„Infrastructure de la Magistrale“ est identique à celle du corridor Nord-Sud Rotterdam – Gênes. Sur ce tronçon bientôt entièrement à 4 voies, les flux de trafic Nord – Sud dominant de loin, aussi bien pour le trafic voyageurs que pour le trafic marchandises.

Il est donc nécessaire de subdiviser le terme politique générique „Magistrale“ en termes partiels différents :

- la Magistrale comme voie de communication ou ligne ferroviaire parsemée de gares et de bifurcations vers d'autres lignes (Figure 2).

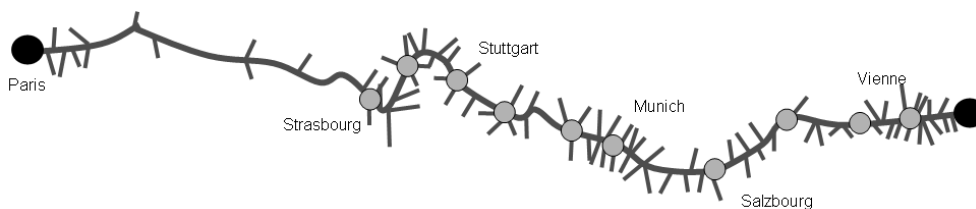


Figure 2 Infrastructure de la Magistrale avec ses bifurcations

- les trains de la Magistrale en trafic voyageurs et en trafic marchandises. Ceux-ci peuvent être à leur tour répartis en trains,
 - qui utilisent partiellement la Magistrale en circulant sur des tronçons plus ou moins longs, le plus souvent dans le cadre des trafics nationaux et régionaux (Figure 3);

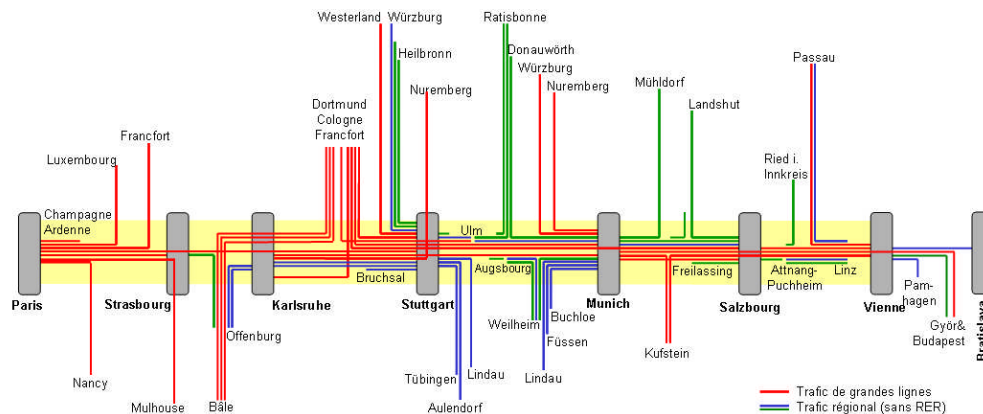


Figure 3 Trains qui circulent sur au moins un tronçon de la Magistrale

- Les trains internationaux „Magistrale“ qui circulent exclusivement sur l’infrastructure de cette ligne et relient deux ou plusieurs pays entre eux (Figure 4).

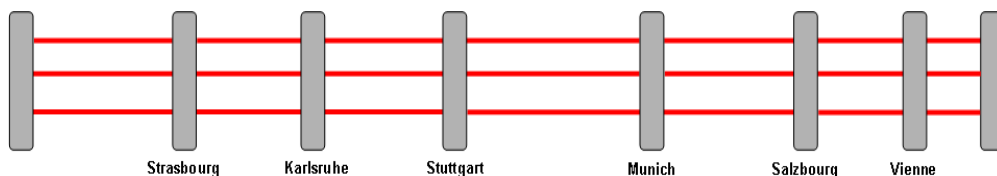


Figure 4 Trains circulant exclusivement sur la Magistrale

La circulation d’un train entre Paris et Bratislava représente le cas extrême d’une liaison internationale sur l’infrastructure de la Magistrale. Un tel train n’a (probablement) jamais existé, bien que des trains directs circulent entre Paris et Vienne. Un train „Magistrale“ Paris – Bratislava est toutefois un modèle utile dans le cadre de la présente étude afin de caractériser le trafic ferroviaire international (et les difficultés rencontrées pour sa mise en œuvre). Le trafic ferroviaire international peut certes se prévaloir d’avoir connu un grand passé, mais il a été presque totalement évincé du marché par la concurrence acerbée exercée par la voiture et l’avion au cours des décennies qui ont suivi la Deuxième Guerre mondiale. C’est seulement avec la grande vitesse que le chemin de fer a connu une renaissance bien qu’ici aussi, l’accent ait d’abord été mis sur les marchés

des transports nationaux. La fusion politique et économique de l'Europe a favorisé et accéléré la construction de lignes à grande vitesse. Dans de nombreux endroits, les planifications et les grands chantiers s'approchent des frontières nationales, dans des cas particuliers des lignes à grande vitesse transfrontalières sont déjà en service. C'est toutefois dans les cas les plus rares que la grande vitesse dispose d'installations exclusivement utilisables par elle de la gare de départ à celle d'arrivée.¹ En règle générale, les trains GV utilisent des installations existantes pour accéder aux gares des grandes villes ce qui génère des problèmes de coordination correspondants (en terme d'horaire) avec les autres catégories de trains.

Les questions méthodologiques, institutionnelles et relatives aux processus soulevées par la planification de la marche d'un train Paris – Bratislava ne sont donc pas spécifiques à la Magistrale mais s'appliquent au trafic ferroviaire international européen en général.

¹ L'Espagne fait exception vu que toutes les lignes LGV y sont construites avec un écartement différent de celui du reste du réseau espagnol, situation comparable au réseau japonais Shinkansen.

4. Méthodologie

La présente étude englobe trois principaux chapitres méthodologiques :

- Le chapitre 5 présente une rétrospective des temps de parcours et de l'accessibilité aux 7 principaux points d'arrêt et aux 43 autres arrêts le long de la Magistrale. L'analyse s'effectue pour deux horizons et documente l'évolution de la qualité de l'offre en termes d'horaire au cours des 15 dernières années. Elle souligne, chiffres à l'appui, comment les mesures de construction ainsi que les mesures organisationnelles et opérationnelles ont influencé l'offre. Le matériel statistique analysé représente simultanément une base de comparaison dans l'optique d'autres aménagements et de leur mise en œuvre en termes d'horaire.
- Le chapitre 6 récapitule les projets d'aménagement et de construction prévus le long de la Magistrale au moment de la rédaction du présent rapport et les regroupe en deux scénarios en fonction des dates de mise en œuvre prévisibles aujourd'hui pour les différentes mesures. Il ne s'agit pas des ouvrages par excellence – notamment des coûts de construction et de leur financement – mais exclusivement des indicateurs qualitatifs et quantitatifs que l'établissement de l'offre et de l'horaire devra considérer à l'avenir.
- Le chapitre 7 représente l'élément central de l'étude avec la description des interactions entre l'horaire et l'infrastructure. La partie théorique (7.2) décrit les principales constellations qui limitent la capacité et restreignent la liberté de conception d'horaire et la flexibilité dans le déroulement ultérieur de l'exploitation. Le chapitre 7.3 illustre sur la base des deux scénarios d'infrastructure quelles sont les tâches de coordination de l'horaire à résoudre en vue d'élaborer si possible des horaires internationaux de qualité élevée. Dans ce contexte, des questions fondamentales concernant la définition de priorités et donc l'accès non discriminatoire à l'infrastructure sont soulevées. Le résultat technique, c.à.d. l'offre ultérieure présentée aux voyageurs diffère totalement selon la priorité définie.
- Le chapitre 8 enfin se décompose de deux parties. La première partie présente les institutions et les processus de planification courants à l'heure actuelle en trafic voyageurs international de grandes lignes et évalue leur capacité à promouvoir une coordination de l'horaire et de l'infrastructure à orientation internationale durable. La deuxième partie esquisse une structure de processus qui permettrait de faciliter l'accès non discriminatoire.

5. Temps de parcours et accessibilité le long de la Magistrale

L'accessibilité d'un lieu (qu'il s'agisse d'une adresse individuelle, d'un quartier, d'une ville ou d'une grande agglomération) fait partie des principaux indicateurs dans le concours global de la qualité d'un site. Une „bonne accessibilité“ est définie en premier lieu par les attributs „rapide“ et „fréquent“. L'initiative urbanistique „Magistrale pour l'Europe“ a déjà fait examiner cette thématique et l'a illustrée.² La présente étude reprend ce thème toutefois de manière ciblée tout en se limitant aux principales caractéristiques de l'offre ferroviaire, à savoir l'horaire, le temps de parcours et la fréquence. Le cadencement (horaire facile mémoriser) est également étroitement lié à la fréquence. Cela signifie des départs à des horaires fixes à la même minute – toutes les heures, toutes les deux heures ou seulement quelques fois par jour. L'évolution du temps de parcours et de la densité de l'offre est prise en compte pour les 15 dernières années. Le cadencement est analysé pour l'horaire 2008.

5.1 Sélection des années de référence

Le choix de la situation actuelle de référence n'exige aucune justification particulière. L'analyse a intégré les données horaires publiées au début de son lancement, soit en 2008. L'année comparative 1994 a été sélectionnée pour des raisons spécifiques aux différents pays :

- en France – inauguration de la première étape du TGV Est dans la période de référence 1994/2008;
- en Allemagne – aucune mesure comparable réduisant le temps de parcours le long de la Magistrale. Mais, le 1^{er} janvier 1996, date de lancement de la régionalisation du trafic ferroviaire voyageurs de proximité qui, principalement dans les régions Sud, est caractérisé par l'introduction d'horaires cadencés, l'optimisation des correspondances entre le trafic de proximité et le trafic grandes lignes et l'évolution des trains-kilomètres;
- en Autriche – premières améliorations visibles résultant des premières étapes d'aménagements le long de la ligne principale Vienne – Salzbourg (Westbahn);
- dans le trafic frontalier entre l'Autriche et la Slovaquie, ouverture visible de la frontière Est;
- finalement, il existe un argument purement pratique et technique pour l'année 1994. A partir de cette année, les données d'horaires sont archivées

² „Magistrale pour l'Europe“ : la colonne vertébrale du réseau ferroviaire européen –Effets d'intégration, impulsions économiques et effets sur les villes Etude 2001

électroniquement et facilitent donc une analyse rapide.

5.2 Sélection des villes de références

Les villes le long de la Magistrale ne sont pas les seules à profiter des réductions des temps de parcours qui résultent des tronçons nouveaux et autres aménagements. Grâce à l'offre systématique de trains en correspondance, des améliorations de la qualité sont également générées en surface. C'est pourquoi la comparaison des offres s'effectue pour les gares situées le long de la Magistrale elle-même et pour les gares sises dans une bande longeant la Magistrale. Au total, 50 gares sont considérées (Tableau 1) :

- 7 points d'arrêt le long de la Magistrale (Paris, Strasbourg, Karlsruhe, Stuttgart, Munich, Salzbourg et Vienne) sont utilisées comme gares de destination pour l'analyse.
- ces 7 points d'arrêt et 43 autres situés dans une bande longeant, à droite et à gauche, la Magistrale sont utilisés comme gares d'origine. Ici, les plus grandes villes ou principaux nœuds ferroviaires dans une distance maximale d'env. 100 km (dans certains cas, également plus éloignés) ont été retenus.

Au total, l'analyse s'étend sur des liaisons entre les 50 gares d'origine et les 7 lieux de destination, soit au total 322 liaisons.

Pays	Gares de destination	Gares d'origine
France	Paris et Strasbourg	Paris, Strasbourg, Reims, Châlons-en-Champagne, Thionville, Metz, Nancy, Colmar et Mulhouse
Allemagne	Karlsruhe, Stuttgart et Munich	Karlsruhe, Stuttgart, Munich, Sarrebruck, Freiburg, Offenburg, Baden-Baden, Mannheim, Heidelberg, Pforzheim, Heilbronn, Ludwigsburg, Böblingen, Tübingen, Esslingen, Göppingen, Aalen, Ulm, Memmingen, Augsburg, Garmisch-Partenkirchen, Ingolstadt, Dachau, Freising, Erding, Ratisbonne, Landshut, Mühldorf, Rosenheim et Berchtesgaden
Autriche	Salzbourg et Vienne	Salzbourg, Vienne, Wels, Linz, Steyr, St. Pölten, Wiener Neustadt et Klosterneuburg-Weidling
Slovaquie	-	Bratislava
Hongrie	-	Győr et Budapest

Tableau 1 Gares de destination et d'origine retenues pour l'analyse des temps de parcours (classement par pays)

5.3 Hypothèses méthodologiques

Ci-après, la qualité de l'offre ferroviaire est caractérisée pour les deux années de référence par trois paramètres spécifiques à l'horaire :

- Meilleur temps de parcours ³
- nombre de liaisons par jour
- taux de cadencement

Des caractéristiques qualitatives comme la qualité et le confort fournis par le matériel roulant, les prestations de services et les prix des transports ne sont pas considérées.

Une classification échelonnée est incontournable afin de visualiser le grand nombre de données statistiques. Il convient notamment de tenir compte de ce fait dans le cadre de l'interprétation des différences relatives au temps de parcours. Selon l'importance des échelons et la position de la valeur limite, une différence de temps de parcours de deux ou 15 minutes s'affiche dans le même niveau de qualité. Il est donc recommandé de toujours lire la légende avant de consulter l'illustration correspondante.

5.4 Résultats et interprétations

Les trois paramètres sont présentés sous forme de cartogrammes à titre d'exemple pour deux ou trois gares de destination. L'analyse des trois paramètres des sept gares de destination est présentée dans les annexes 1 à 3. Une illustration se réfère respectivement aux liaisons au départ de toutes les gares analysées vers l'une des sept gares de destination.

Les figures permettent d'identifier des modèles régionaux (clusters). Par contre, des analyses se référant à une liaison unique s'avèrent difficiles. En effet une liaison isolée peut n'apparaître dans une couleur particulière que du fait de la classe sélectionnée. Seule l'observation combinée de plusieurs liaisons peut mettre en évidence des modèles.

³ Les termes „temps de parcours“ et „temps de trajet“ sont utilisés comme synonymes dans la présente étude et signifient dans les deux cas le temps requis par une liaison ferroviaire entre une gare de départ et une gare de destination tout en tenant compte de tous les changements de trains.

5.4.1 Le meilleur temps de parcours

L'analyse du temps de parcours le plus rapide exige une réflexion préliminaire. Si un ou plusieurs changements sont nécessaires pour atteindre le lieu de destination, le temps de parcours englobe alors 2 éléments :

- le temps de parcours dans le train, influencé essentiellement par la vitesse maximale et le nombre d'arrêts intermédiaires
- le temps d'attente lié aux changements, influencé par la construction de l'horaire disponible aux gares de correspondances

En référence au train fictif „Magistrale“ Paris – Bratislava (défini au chapitre 3), on obtient les valeurs suivantes :

	1994	2008	Différence
Temps de parcours	17 h 24 min	13 h 46 min	3 h 38 min
Temps de trajet dans le train ⁴	14 h 49 min	11 h 33 min	3 h 16 min
Différence (temps de changement de train)	2 h 35 min	2 h 13 min	0 h 22 min

Tableau 2 Comparaison des temps de parcours en 1994 et en 2008

Le temps de parcours le plus rapide entre Paris et Bratislava a diminué de 3h 38 minutes entre 1994 et 2008. Mais on constate que le temps d'attente lié aux changements n'a pratiquement pas changé entre 1994 et 2008 (2h 35min / 2h 13min). Cela signifie que, dans cet exemple, le voyageur aujourd'hui encore perd plus de deux heures à attendre les correspondances. Si elles pouvaient être optimisées, il serait possible de réduire encore plus le temps de parcours sans infrastructure supplémentaire.

Le bref exemple montre que dans de nombreux cas, notamment pour les liaisons internationales, les réductions des temps de parcours ne résultent pas seulement de la construction de lignes nouvelles mais qu'elles sont ou seront au contraire également rendues réalisables grâce à une bonne coordination de l'horaire.

Pour calculer le temps de parcours le plus rapide entre l'ensemble des 50 gares d'origine et les 7 gares de destination, il convient de définir la méthode employée. On analyse le temps de parcours le plus rapide pour des départs entre 4 et 22 heures. Les liaisons de nuit ne sont pas prises en compte. Les liaisons qui,

⁴ Temps de parcours déduction faite des changements pour la liaison concernée. Temps de parcours différent du temps de parcours théoriquement possible (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** et Tableau 6).

en 2008, présentent un temps de parcours plus rapide qu'en 1994 sont indiquées en vert dans les figures.

Le delta des temps de parcours les plus rapides à destination de Paris fournit la preuve remarquable (Figure 6) que presque toutes les liaisons sont nettement plus rapides grâce à la mise en service de la 1^{ère} étape du TGV Est. Elle réduit, à elle seule, de 1h 40 min le temps de parcours entre Paris et Strasbourg. Dans la période de référence, il n'existe aucune autre réduction d'un temps de parcours comparable sur la Magistrale.

- plus de 30 min plus rapide
- 11 à 30 min plus rapide
- temps de parcours pratiquement identique
- 11 à 30 min plus lent
- plus de 30 min plus lent

Figure 5 Légende concernant les illustrations "Différence relative au temps de parcours le plus rapide"

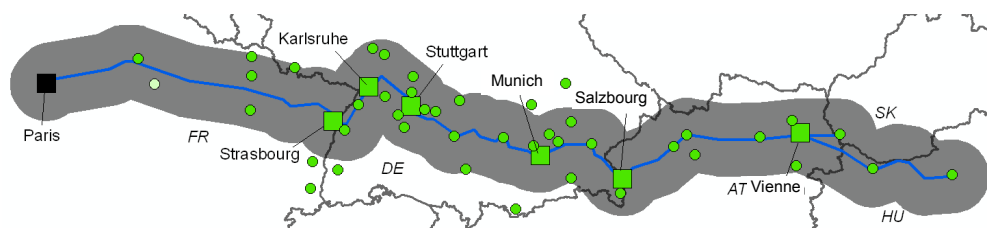


Figure 6 Différence entre les meilleurs temps de parcours depuis Paris entre 1994 et 2008

Les figures 7 et 8 montrent l'évolution des temps de parcours à destination de Karlsruhe et de Salzburg. Ces deux graphiques sont moins pertinents et donc typiques pour l'évolution sur la Magistrale. Seules quelques rares réductions importantes des temps de parcours ont été réalisées. Outre la mise en service de la 1^{ère} étape du TGV Est, diverses autres améliorations se répercutent vers l'Europe de l'Est suite à l'ouverture du rideau de fer. L'aménagement de la principale ligne ferroviaire Salzburg – Vienne „Westbahn“ n'a pas encore d'effets sur le temps de parcours à ce moment là, de sorte que le temps de parcours entre les deux villes demeure pratiquement inchangé.

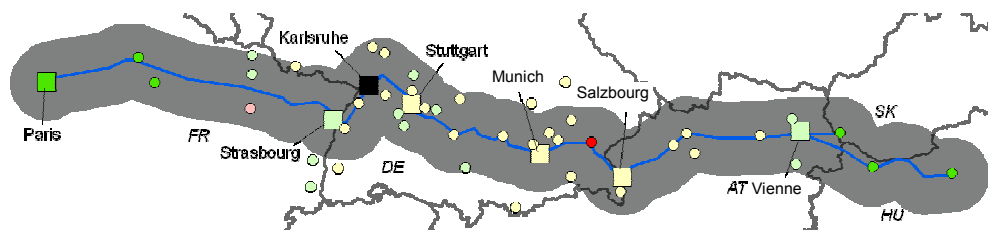


Figure 7 Différence des meilleurs temps de parcours à destination de Karlsruhe

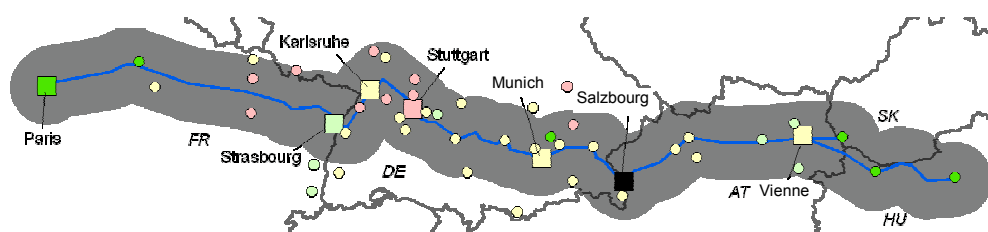


Figure 8 Différence du meilleur temps de parcours à destination de Salzburg 1994-2008

Outre les exemples cités, il existe encore d'autres facteurs déterminants pour le temps de parcours dans la période de référence parmi lesquels nous ne citerons que les principaux :

- réduction du temps de parcours liée à la mise en service du tronçon aménagé Offenburg – Rastatt Sud
- réduction du temps de parcours liée à la suppression du changement de locomotive pour les trains internationaux à Strasbourg
- augmentation temporaire du temps de parcours entre Augsbourg et Munich en raison des travaux
- augmentation du temps de parcours liée à l'arrêt supplémentaire de Munich-Pasing pour réaliser des correspondances avec des trains grandes lignes

5.4.2 Nombre de liaisons

Le nombre de liaisons reflète la fréquence de desserte. Le comptage exige de définir quelles sont les liaisons à prendre en considération afin d'exclure les liaisons peu significatives. Sans cette définition, des liaisons de qualité bien plus mauvaise que la meilleure liaison seraient également prises en compte. Ces liaisons fourniraient toutefois une image faussée de la densité réelle des liaisons.

sons. La définition utilisée ici repose sur le temps de parcours le plus rapide. Elle sert de fil directeur dont on peut s'écarter légèrement dans des cas particuliers bien fondés.

Les liaisons sont prises en compte,

- lorsqu'elles sont de 15%, au maximum, plus lentes que la liaison la plus rapide ou
- lorsqu'il s'agit de liaisons directes.

Les liaisons de nuit ne sont pas prises en compte. Les figures suivantes précisent la différence du nombre de liaisons 2008 – 1994 et montrent ainsi la modification de la densité de l'offre.

- plus de 10 liaisons supplémentaires
- 6 à 10 liaisons supplémentaires
- nombre de liaisons pratiquement identique
- 6 à 10 liaisons en moins
- plus de 10 liaisons en moins

Figure 9 Légendes relatives aux figures "Nombre de liaisons" (différence 2008 - 1994)

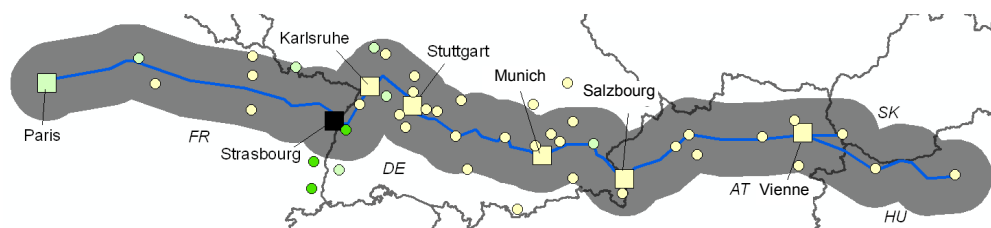


Figure 10 Nombre de liaisons à destination de Strasbourg (différence 2008-1994)

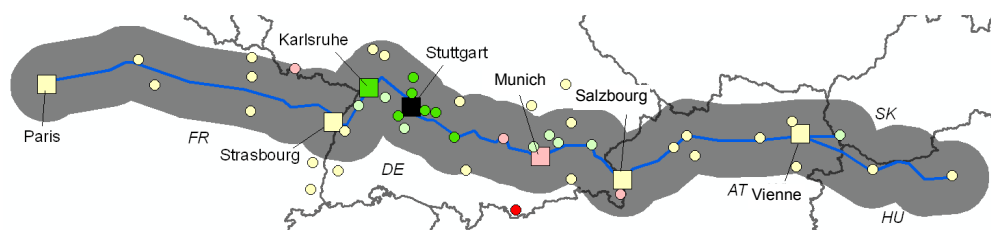


Figure 11 Nombre de liaisons à destination de Stuttgart (différence 2008-1994)

La modification du nombre de liaisons pour Strasbourg et Stuttgart présente une image typique pour la Magistrale. Les régions et les pays ont en partie investi de manière massive dans l'aménagement étape par étape du trafic de proximité. En Allemagne, cela a été encouragé par la régionalisation du trafic ferroviaire. Dans le Land de Bade-Wurtemberg par exemple, le nombre de trains-kilomètres pour le trafic de proximité a augmenté de 50% depuis 1994. Pour le trafic de grandes lignes, la tendance n'est pas uniforme. Alors que la France a élargi l'offre dans le cadre de l'inauguration du TGV Est, l'Allemagne, où des prestations de grandes lignes ont été de nouveau partiellement supprimées, notamment aux heures creuses, affiche une stagnation.

5.4.3 Degré de cadencement

Les liaisons recensées sous „Nombre de liaisons“ servent de base au calcul. Le degré de cadencement est subdivisé en trois classes :

- le cadencement est *élevé*, lorsqu'il existe au moins une liaison toutes les heures.
- le cadencement est *moyen*, lorsqu'il existe au moins une liaison toutes les deux heures.
- le cadencement est *faible*, lorsque le délai entre deux dessertes est supérieur à deux heures.

Les figures suivantes montrent le degré de cadencement en 2008 pour Munich et Vienne.

- cadencement élevé
- cadencement moyen
- cadencement faible

Figure 12 Légende relative aux figures "Taux de cadencement"

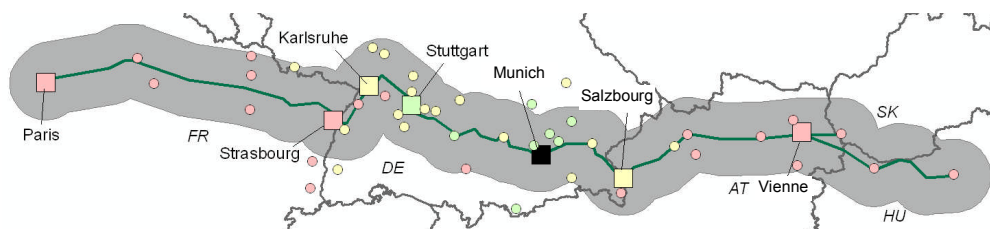


Figure 13 Taux de cadencement des liaisons à destination de Munich (horaire 2008)

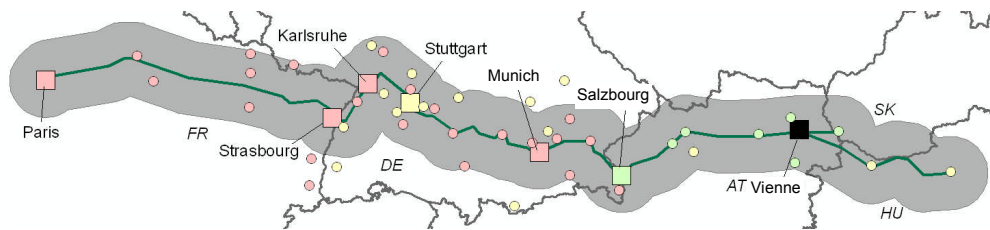


Figure 14 Taux de cadencement des liaisons à destination de Vienne (horaire 2008)

Les graphiques susmentionnés relatifs au cadencement ont deux caractéristiques communes :

- les horaires cadencés dominant au sein des différents Etats. La plupart des liaisons y présente un intervalle de cadence de deux heures.
- la plupart des liaisons internationales affichent un cadencement faible ou inexistant, c.à.d. que le degré de cadencement et donc la facilité de retenir la majeure partie des offres internationales sont plutôt faibles.

Dans ce contexte, il convient de noter que la qualité d'une liaison avec des changements se mesure à son maillon le plus faible. Si une liaison est par exemple offerte six fois par jour et inclut deux changements, il n'en résulte pas obligatoirement une cadence facile à retenir pour la liaison entière. Dans le but de faciliter pour le client la mémorisation du cadencement d'une liaison entière, toutes les liaisons partielles doivent circuler toute la journée selon une cadence particulière. Toutefois, si sur les lignes impliquées dans la liaison, un seul train par jour circule légèrement plus tard que ne le prévoirait la cadence (écart par rapport à la cadence), la cadence de la liaison entière n'est plus identifiable. Dans le cas d'un seul écart, les lignes concernées sont toutefois en grande partie encore considérées comme circulant selon le cadencement. Par contre, la liaison dans son ensemble ne présente plus un cadencement facile à retenir (Figure 15).

Origine	Ligne 1	Changement 1	Ligne 2	Changement 2	Ligne 3	Destination	Effets sur la liaison entière
Départ							
8:00	Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé
10:00	Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic non-cadencé		Trafic non-cadencé
12:00	Trafic non-cadencé		cadencé, correspondance ligne 1 impossible		Trafic cadencé		Liaison supprimée
14:15	Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé
16:00	Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé		Trafic cadencé
18:00	Trafic cadencé		Trafic non-cadencé		Trafic cadencé, correspondance ligne 2 impossible		Liaison supprimée

Figure 15 Effets des écarts de cadence sur la cadence de la liaison entière

5.5 Représentations récapitulatives

Si l'on résume les différentes valeurs, on obtient des modèles spatiaux bien plus pertinents que des représentations isolées. Les différents effets se superposent indépendamment des liaisons individuelles. Cela permet de tirer des conclusions relatives à la modification de l'accessibilité des villes situées le long de la Magistrale.



Figure 16 Différenciation des temps de parcours additionnés à destination des grandes gares 1994-2008

Les temps de parcours se sont globalement réduits d'env. 10% dans la période de référence. La figure 16 montre la modification proportionnelle des temps de parcours additionnés entre 1994 et 2008 de chaque gare d'origine vers les 7 gares de destination analysées dans l'étude. L'effet de la 1^{ère} étape du TGV Est dans les circulations au départ et à destination de Paris est nettement visible. Les légères améliorations dans le sud de l'Allemagne en résultent également. Les différences entre les gares sont très proches les unes des autres, excepté

pour les valeurs de Paris et de Reims (Figure 17). L'affichage des gares en vert ou en jaune dépend en grande partie de la classification.

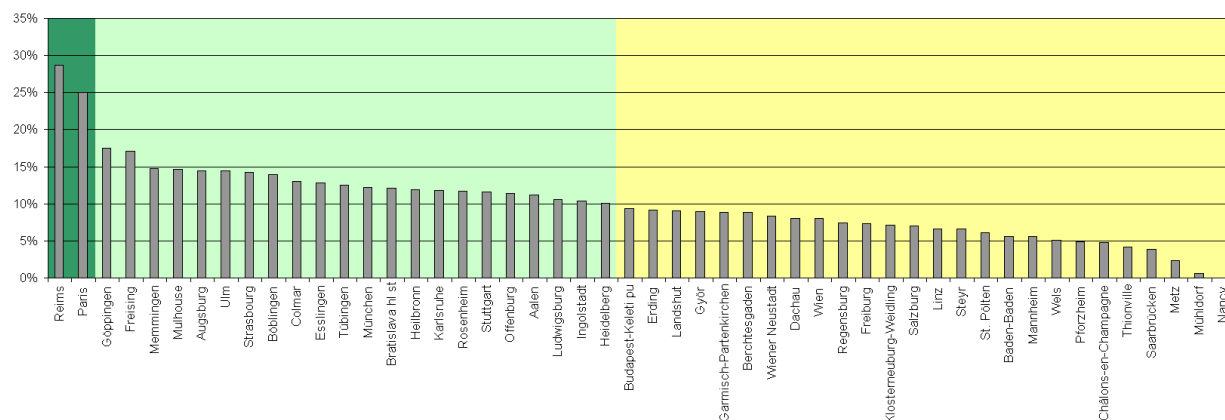


Figure 17 Différence des temps de parcours additionnés 1994-2008

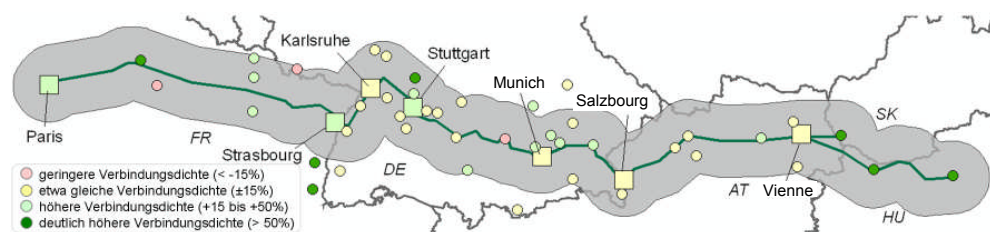


Figure 18 Différences des densités de liaisons ajoutés

Le modèle spatial de la modification de la densité des liaisons (Figure 18) est moins précis que celui de la modification des temps de parcours. La densité des liaisons a augmenté en ce qui concerne le trafic à destination de Paris et pour le trafic régional des trains collecteurs à destination de la Magistrale. L'intensification de l'offre à destination de Bratislava et de la Hongrie est nettement visible.

Le cadencement du trafic grandes lignes le long de la Magistrale manque de cohérence à l'heure actuelle. Certains tronçons affichent une cadence élevée qui sont en majorité horaire. Il s'agit entre autres des tronçons :

- Paris – Strasbourg

-
- (Karlsruhe – Stuttgart)⁵
 - Stuttgart – Munich
 - Salzbourg – Vienne

Ce sont les principaux tronçons nationaux de la Magistrale. Toutefois, les pays ont des historiques différents :

- en France, le taux de cadencement s'intensifie. Sous l'influence du trafic à grande vitesse, le nombre de lignes et de régions, initialement soumises à des horaires non cadencés et s'intégrant désormais à ce système, augmente de plus en plus.
- en Allemagne, on observe une évolution partiellement contraire pour le trafic de grandes lignes. Partant d'un système bien cadencé, on voit apparaître des exceptions de plus en plus fréquemment dans l'horaire – en particulier aux heures creuses.
- en Autriche, les lignes principales sont desservies selon un cadencement à une ou deux heures. En dehors des axes principaux, le cadencement et la densité de l'offre diminuent rapidement.
- en Slovaquie, le trafic est en majeure partie desservi sans cadencement.
- le trafic en Hongrie est bien cadencé, notamment en trafic de grandes lignes ; l'accès à la gare de Budapest s'effectue en majeure partie selon un cadencement à l'heure.

5.6 Conclusions

Ces données ont mis en évidence l'évolution des temps de parcours et du nombre de relations depuis 1994. Dans la présente étude, l'accent est mis sur le trafic international longue distance. Concernant ce type de trafic, on peut tirer les conclusions suivantes de la tendance des dernières années :

- temps de parcours : de nettes réductions des temps de parcours étaient jusqu'ici uniquement réalisables en liaison avec la construction de tronçons nouveaux dans le réseau fortement sollicité d'Europe centrale. Le meilleur exemple sur la Magistrale est la première étape du TGV Est, qui a réduit le temps de parcours de 1h 40 minutes entre Paris et Strasbourg. D'autres réductions comparables de temps de parcours n'ont pas été détectées sur la Magistrale dans la période de référence.

⁵ Le tronçon Karlsruhe – Stuttgart est desservi toutes les heures. En raison du tracé changeant et des temps de parcours changeants entre Karlsruhe et Stuttgart, les horaires de départ et d'arrivée à Stuttgart sont soumis à de nettes fluctuations.

-
- Densité de l'offre et cadencement : la densité de l'offre et le cadencement s'influencent mutuellement et dépendent de la demande. La demande de transports au sein des Etats est, aujourd'hui et dans un proche avenir, dans la plupart des cas nettement plus élevée qu'en trafic international. La densité des offres nationales, plus importante que celle du trafic international, reflète cette situation. Les trafics nationaux circulent aujourd'hui déjà selon un cadencement à l'heure ou selon une offre plus dense sur la Magistrale. Concernant les liaisons de grandes lignes transfrontalières, une cadence prévoyant une circulation toutes les deux heures est une valeur réaliste. Si une telle cadence est proposée systématiquement tout au long de la journée, on peut compter sur sept à huit liaisons par jour.

6. Scénarios d'aménagement de l'infrastructure

Il existe actuellement quelque 30 projets de construction et d'aménagement de lignes et de gares le long de la Magistrale. Certains sont déjà mis partiellement en service, d'autres sont en cours d'exécution ou se trouvent dans des phases de planification et d'études de projet très différentes. Un groupe de travail de l'Initiative „Magistrale pour l'Europe“ a regroupé tous ces projets et en a établi une documentation sous forme d'atlas⁶. Si l'on classe dans l'ordre tous les éléments d'aménagement, on obtient une vision approximative d'un état final dont l'année d'inauguration n'est pas encore définie à ce jour (situation : fin 2008).

De nombreux états intermédiaires se succéderont jusqu'à cet état final. Chaque mesure qui mène à une réduction du temps de parcours, modifie les conditions-cadres de la conception de l'horaire et donc la transmission aux voyageurs de l'avantage généré par les investissements.

Pour obtenir un aperçu sur la longueur intégrale de la Magistrale, les mesures sont regroupées en deux scénarios (Tableau 3) :

- le scénario 1 illustre les aménagements dont l'avancement des travaux préparatoires de planification, d'exécution et de financement permet de tabler sur leur mise en service d'ici l'année 2015/2016;
- le scénario 2 regroupe les ouvrages dont la durée de construction excédera avec certitude la moitié de la prochaine décennie ou bien pour lesquels une date d'inauguration ne peut pas être encore fixée.

Tronçon	Contenu	Mise en service	Scénario
Paris – Baudrecourt	Nouveau tronçon TGV Est 1 ^{ère} étape	en service	1
Baudrecourt – Strasbourg	Nouveau tronçon TGV Est 2 ^e étape	2015	1
Strasbourg – Kehl	Nouveau pont sur le Rhin	2010	1
Kehl – Appenweiler	Augmentation de la vitesse et embranchement sans cisaillement à la ligne en direction de Karlsruhe	2013	1
Appenweiler – Rastatt	Tronçon aménagé entre Appenw. et Rastatt	en service	1
Rastatt – Karlsruhe	Tronçon aménagé (tunnel de Rastatt)	non définie	2
Karlsruhe – Stuttgart-Zuffenhausen	Nouveau tronçon Bruchsal – Stuttgart	en service	1

⁶ Atlas de planification de l'Initiative «Magistrale pour l'Europe», 2006

Tronçon	Contenu	Mise en service	Scénario
Stuttgart – Ulm	Stuttgart 21 (construction de la nouvelle gare principale de Stuttgart comme gare de passage et construction de la ligne Stuttgart-Feuerbach – Wendlingen avec raccordement à l'aéroport) et nouvelle ligne Wendlingen – Ulm	2019	2
Ulm – Neu-Ulm	Aménagement à 4 voies	2007	1
Neu-Ulm – Neuoffingen	Modernisation pour passage à la vitesse maximale $V_{\max} = 200$ km/h	2019	2
Neuoffingen – Dinkelscherben	Aucune activité de planification	-	-
Dinkelscherben – Augsburg	Modernisation pour passage à la vitesse maximale $V_{\max} = 200$ km/h	non-définie	2
Augsbourg – Munich	Tronçon entièrement à 4 voies et augmentation de la vitesse à 230 km/h	successivement d'ici 2010	1
Munich – Markt Schwaben	Aménagement à 4 voies	non-définie	2
Markt Schwaben – Mühldorf	Electrification et aménagement à 2 voies	Partiellement en construction Projet global : non-définie	2
Mühldorf – Freilassing	Electrification et aménagement à 2 voies	non-définie	2
Freilassing – Salzburg	Aménagement à 3 voies	2013	1
Salzburg – Seekirchen/Köstendorf	Ligne nouvelle	non-définie	2
Seekirchen/Köstendorf – Attnang-Puchheim	Tronçon aménagé	non-définie	2
Attnang-Puchheim – Wels	200 km/h de bout en bout	2010	1
Wels – Linz	Aménagement à 4 voies	non-définie	2
Linz – Amstetten	Aménagement à 4 voies pour 200 km/h	en service	1
Amstetten – St. Pölten	Aménagement à 4 voies	2012	1
St. Pölten – Hadersdorf	Ligne nouvelle tunnel de Wienerwald	2013	1
Hadersdorf – Vienne	Ligne nouvelle Lainzer Tunnel	2013	1
Vienne Sud	Construction de la nouvelle gare principale comme gare de passage	2015	1
Vienne (Gare principale) – Bratislava (Var. nord via la bifurcation de Marchegg „Marchegger Ast“)	Aménagement et électrification	non-définie	2

Tronçon	Contenu	Mise en service	Scénario
Vienne (Gare principale) – Bratislava (Var. sud via „Ostbahn“)	Ligne nouvelle „Götzendorfer Spange“ pour 160 km/h	2015	1

Tableau 3 Mesures d'infrastructure admises pour la Magistrale entre Paris et Bratislava

6.1 Scénario 1 d'infrastructure (2015)

Pour le scénario 1, une nouvelle infrastructure est disponible sur les tronçons suivants par rapport au statu quo (Figure 19).

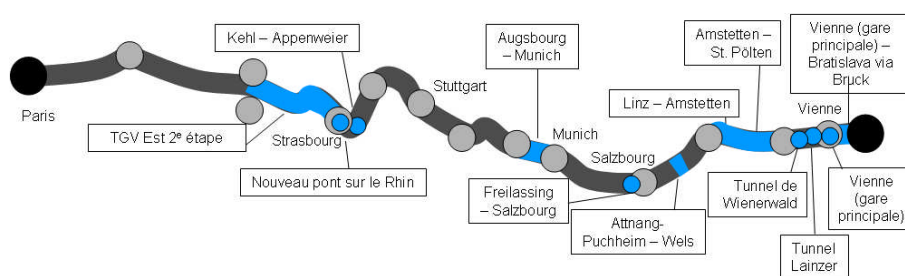


Figure 19 Nouvelle infrastructure pour le scénario 1 (bleu)

Les excellents compléments d'infrastructure sont représentés par la 2^e étape du TGV Est ainsi que par l'aménagement de la ligne du Westbahn, entre Amstetten et Vienne. Des gains de temps importants sont obtenus sur les deux tronçons. Sur la partie allemande, seuls des petits gains de temps sont envisageables d'ici 2015/2016. Par ailleurs, d'autres infrastructures disponibles génèrent des gains de temps moins importants. Certaines mesures n'engendrent pratiquement pas de gains de temps, mais optimisent la capacité et simplifient la conception de l'horaire (par ex. 3^e voie Freilassing – Salzburg). Au total, la mise en œuvre de toutes les mesures permet de réaliser une réduction du temps de parcours de 80 minutes (Tableau 4).

Tronçon	Contenu	Mise en service	Réduction du temps de parcours évaluée
Baudrecourt – Strasbourg	Ligne nouvelle TGV Est 2 ^e étape	2015	30 minutes
Strasbourg – Kehl – Appenweier	Nouveau pont sur le Rhin, augmentation de la vitesse env. à partir de Krimmeri-Meinau jusqu'à Appenweier (160 km/h), courbe Appenweier (180 km/h)	2010/2013	6 minutes
Augsbourg – Munich	Tronçon entièrement à 4 voies et augmentation de la vitesse à 230 km/h	Tronçon par tronçon d'ici 2010, d'ici 2013 de bout en bout	6 minutes
Freilassing – Salzburg	Aménagement à 3 voies	2013	gain de capacité
Attnang-Puchheim – Wels	200 km/h de bout en bout	2010	3 minutes
Linz – Amstetten	Aménagement à 4 voies et passage à 200 km/h	en service	-
Amstetten – St. Pölten	Aménagement à 4 voies	2012	5 minutes
St. Pölten – Hadersdorf – Vienne	Ligne nouvelle tunnel de Wienerwald et tunnel Lainzer	2013	16 minutes
Vienne sud	Construction de la nouvelle gare principale comme gare de passage	2015	15 minutes grâce à la suppression du rebroussement à Vienne Ouest et modification de l'itinéraire di
Vienne (gare principale) – Bratislava (Var. sud via „Ostbahn“)	Ligne nouvelle „Götzendorfer Spange“ pour 160 km/h	2015	Temps de parcours pratiquement constant
Total			env. 80 minutes

Tableau 4 Gains de temps grâce aux mesures d'infrastructure (scénario 1)

6.2 Scénario 2 d'infrastructure (2020)

Une infrastructure supplémentaire est disponible sur certains tronçons (Figure 20) pour le scénario 2.

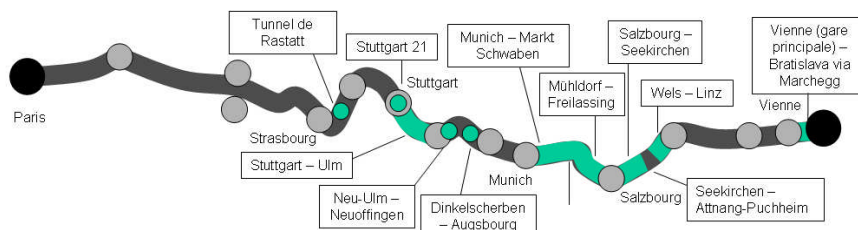


Figure 20 Nouvelle infrastructure pour le scénario 2 (vert)

L'horizon 2020 bénéficie pleinement de la mise en service de la ligne nouvelle Stuttgart – Ulm qui permet de réduire sensiblement le temps de parcours. Les autres mesures génèrent uniquement des gains de temps minimes ou optimisent la capacité (par ex. tunnel de Rastatt). La mise en œuvre de toutes ces mesures permet de réaliser une réduction supplémentaire du temps de parcours de 95 minutes (Tableau 5).

Tronçon	Contenu	Mise en service	Réduction du temps de parcours évaluée
Rastatt – Karlsruhe	Tronçon aménagé (tunnel de Rastatt)	non définie	3 minutes
Stuttgart – Ulm	Stuttgart 21 (construction de la nouvelle gare principale de Stuttgart comme gare de passage et ligne nouvelle Stuttgart-Feuerbach – Wendlingen avec raccordement à l'aéroport) et ligne nouvelle Wendlingen – Ulm	2019	28 minutes (temps d'arrêt réduit de 2 minutes et 26 minutes de gain de temps)
Neu-Ulm – Neuoffingen	Modernisation pour passage à la vitesse maximale $V_{\max} = 200$ km/h	2019	5 minutes
Dinkelscherben – Augsburg	Modernisation pour passage à la vitesse maximale $V_{\max} = 200$ km/h	non définie	3 minutes
Munich – Markt Schwaben	Aménagement à 4 voies	non définie	gain de capacité
Markt Schwaben – Mühldorf	Électrification et aménagement à 2 voies, $V_{\max} = 160$ km/h	Partiellement en construction Projet global : non définie	15 minutes
Mühldorf – Freilassing	Électrification et aménagement à 2 voies	non définie	

Tronçon	Contenu	Mise en service	Réduction du temps de parcours évaluée
Salzbourg – Seekirchen/Köstendorf	Ligne nouvelle	non définie	6 minutes
Seekirchen/Köstendorf – Attnang-Puchheim	Ligne nouvelle	non définie	6 minutes
Wels – Linz	Aménagement à 4 voies	non définie	gain de capacité
Vienne (gare principale) – Bratislava (Var. nord via bifurcation de Marchegg „Marchegger Ast“)	Aménagement et électrification	non définie	env. 30 minutes grâce à itinéraire plus court et aménagement
Total			env. 95 minutes

Tableau 5 Gains de temps grâce aux mesures d'infrastructure (scénario 2)

6.3 Gains de temps supplémentaires

Parfois, il existe des idées et des visions qui n'ont pas (encore) été envisagées par la politique d'infrastructure officielle, comme le contournement de l'agglomération Strasbourg/Kehl pour les trains grande vitesse en trafic international. Le contournement commence à hauteur de Vendenheim et relie la région de Rastatt/Karlsruhe par l'itinéraire le plus court via le pont de Wintersdorf. Cela permettrait de réaliser une réduction supplémentaire d'env. 30 minutes du temps de parcours Paris – Karlsruhe (et de toutes les villes situées au-delà) par rapport à l'itinéraire actuel via Strasbourg – Kehl. Par rapport à l'aménagement Strasbourg – Appenweier – Rastatt prévu au scénario 2, une réduction du temps de parcours d'env. 20 minutes est toujours possible. La présente étude ne peut pas répondre à la question de savoir si une telle vision sera un jour intégrée à la planification d'infrastructure européenne. Il faut tout de fois remarquer que cette idée a été retenue dans le cadre de l'accord de La Rochelle⁷.

6.4 Résumé

Le résumé des comparaisons des temps de parcours 1994/2008 avec les gains de temps potentiels à l'avenir permet d'établir une série sur un horizon d'environ 30 ans :

⁷ Accord sur le TGV Est européen ratifié le 22 mai 1992 à La Rochelle entre le Ministre des transports de la République Fédérale d'Allemagne et le Ministre de l'équipement, du logement et des transports de la République Française sur la liaison ferroviaire à grande vitesse Paris – Est de la France – Sud-Est de l'Allemagne.

	Temps de parcours théoriquement possible ⁸	% par rapport à 1994	Temps de parcours selon l'horaire	% par rapport à 1994	Différence
1994	~15h 15'	100	~17h 30'	100	~2h 15'
2008	~11h 45'	77	~13h 45'	79	~2h 00'
Scénario 1	~10h 30'	69	?	?	?
Scénario 2	~ 9h 00'	59	?	?	?

Tableau 6 Temps de parcours arrondis Paris – Bratislava

Le résumé montre, à titre d'exemple, que des réductions de temps de parcours, théoriquement réalisables du point de vue technique, ne se répercutent pas obligatoirement jusqu'aux voyageurs. Seule, une offre d'horaire optimisée est un aspect décisif pour le voyageur. Il est surprenant de constater que la différence entre ce qui est possible théoriquement et ce qui peut être concrétisé dans la pratique est considérable dans de nombreux cas et tout particulièrement en trafic international. Le prochain chapitre explique les raisons de cet état de faits et présente des mesures qui, en termes de planification et d'organisation, permettraient d'améliorer l'offre internationale.

⁸ Train direct théorique avec les temps de parcours des horaires respectifs

7. Interactions entre l'horaire et l'infrastructure

7.1 Remarques préliminaires

La conception de l'horaire doit tenir compte de toutes les exigences posées au système ferroviaire, soit celles des voyageurs et de l'industrie et celles liées à la sécurité et à la fiabilité. Sans une planification à la seconde précise de l'ordre de succession et de la vitesse des trains, une exploitation ferroviaire moderne n'est plus concevable. Il existe toutefois des échelonnements locaux et temporels du degré de complexité. Les exigences les plus élevées proviennent du trafic à grande vitesse et des systèmes de réseaux cadencés avec de nombreuses correspondances entre les trains, qu'il s'agisse de réseaux régionaux, nationaux ou internationaux.

La règle applicable à la conception actuelle de l'horaire consiste à exploiter pleinement, tout en tenant compte d'une petite réserve, la vitesse maximale autorisée par une infrastructure.⁹ Il existe deux cas limites :

- La limitation est imposée par le véhicule alors que la ligne autoriserait une vitesse supérieure.
- La limitation est imposée par l'infrastructure alors que le véhicule pourrait circuler plus rapidement.

Du point de vue économique, les deux cas sont sous-optimaux vu que des composants techniques coûteux ne peuvent pas produire leur plein effet. Dans le cas idéal, les valeurs autorisées pour les lignes et les véhicules sont identiques sur de longues distances.

L'enjeu permanent visant à réduire davantage les temps de parcours ne se fonde pas en premier lieu sur des arguments techniques, mais plutôt sur des aspects économiques. Une réduction des temps de parcours gonfle la demande mais elle augmente aussi la rentabilité du matériel roulant et du personnel intervenant. Ces deux aspects contribuent à la réussite économique des chemins de fer.

La Magistrale Paris – Bratislava est composée de nombreux tronçons partiels dont les normes d'aménagement sont différentes et les utilisations très diverses. Les tronçons Vaires (près de Paris) – Vendenheim (près de Strasbourg), les voies rapides de la ligne de la Vallée du Rhin en Allemagne, la ligne nouvelle

⁹ Contrairement au trafic routier, où les véhicules permettent en règle générale des vitesses nettement supérieures à celles autorisées par les types de routes réglementés.

Bruchsal – Stuttgart¹⁰ – Ulm, les voies rapides du tronçon aménagé Augsburg – Munich ainsi que de grandes sections du Westbahn en Autriche sont uniquement ou en majeure partie planifiés ou construits pour le trafic voyageurs à grande vitesse. Entre ces tronçons se trouvent des lignes de trafic mixte plus lentes qui sont également utilisées par des trains de proximité et des trains de marchandises, notamment pour l'accès aux gares des grandes villes.

Les énumérations dans le chapitre précédent ont montré où et comment des aménagements de tronçons permettront de raccourcir à l'avenir les temps techniques de parcours. Le présent chapitre se consacre aux problèmes soulevés par les interactions entre l'infrastructure et l'horaire dans le but final que d'importants investissements puissent être transmis aux voyageurs sous forme d'horaires optimisés.

7.2 Conditions-cadres et restrictions relatives à la conception de l'horaire

La conception de l'horaire est dictée par deux types de conditions-cadres :

- Directives de nature légale / administrative, donc quelles catégories de trains sont prioritaires dans le cadre du déroulement de la planification, quels trains sont insérés ultérieurement;
- Conditions-cadres de nature technique afin qu'à n'importe quel endroit du réseau les trains respectent les distances de sécurité.

La suite du document se consacre à l'approfondissement des conditions-cadres de nature technique. Elles apparaissent lors de la conception de l'horaire comme suit :

- Sur la ligne, par le nombre des trains devant être planifiés et par les différences relatives aux vitesses moyennes et donc par les temps de parcours des différentes catégories de trains (sur les lignes de trafic mixte)
- A tous les points singuliers qui définissent la fin de chaque ligne, par les bifurcations (cf. Figure 21), les bordures de quais ou les grands itinéraires dans les gares importantes.

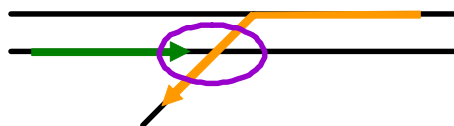


Figure 21 Bifurcation à niveau

¹⁰ La section Bruchsal – Stuttgart fait partie de la ligne nouvelle Mannheim – Stuttgart.

On peut calculer pour chaque élément particulier une capacité théorique que l'on compare avec le nombre des trains à planifier. Plus le taux d'occupation est élevé, plus la flexibilité de conception d'horaire se voit diminuée. Il est donc important de savoir comment se succèdent de telles situations restrictives le long d'un itinéraire ferroviaire.

Les Figures 22 et 23 présentent les analyses sommaires de toutes les bifurcations le long de la Magistrale pour les deux scénarios d'aménagement 1 et 2. La classification grossière des bifurcations est effectuée indépendamment de l'horaire et présente le potentiel de conflits (voir Tableau 7). Des écarts peuvent notamment apparaître dans le cadre des aménagements vu que la conception et le déroulement précis des travaux sont souvent encore inconnus.

Bifurcation	Nombre de trains empruntant la bifurcation	Effet sur l'horaire
● sans cisaillement ou à niveau en cas de taux d'occupation très faible	minime la plupart du temps	minime
● à niveau	moyen	restrictif
● à niveau	élevé	très restrictif

Tableau 7 Légende des figures 22 et 23

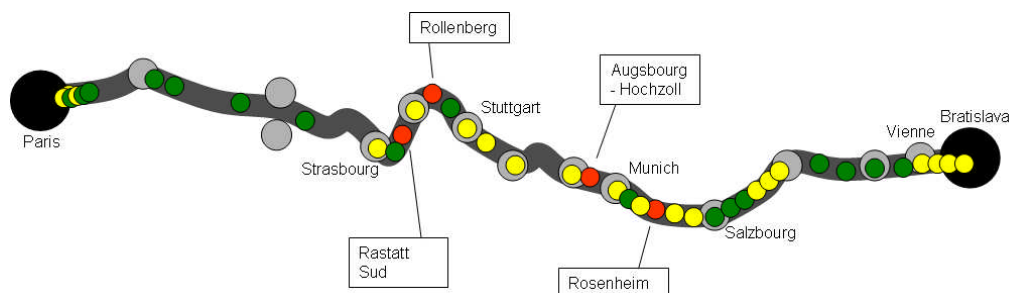


Figure 22 Classification des bifurcations (scénario 1)

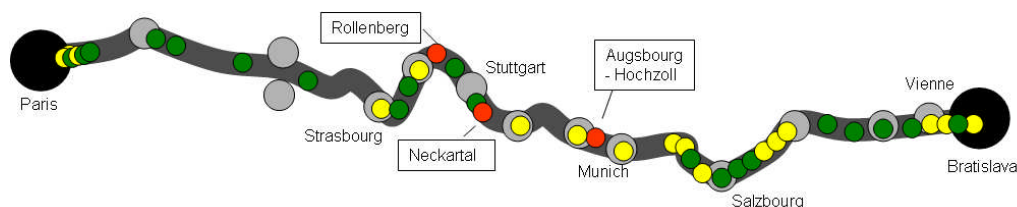


Figure 23 Classification des bifurcations (scénario 2)

Les figures permettent de formuler les interprétations suivantes :

- La ligne nouvelle du TGV Est construite pour le trafic voyageurs à grande vitesse ne présente des points fixes restrictifs de degré moyen qu'à ses extrémités. Grâce à des ouvrages sans cisaillement le long du nouveau tronçon, il n'existe aucune contrainte de tracé susceptible d'imposer des restrictions au niveau de l'horaire qui influence mutuellement la direction et la direction opposée.
- Le réseau étroitement maillé en Allemagne n'autorise pas une telle liberté. Il existe dans ce pays environ 15 points singuliers pour les deux scénarios le long de la Magistrale. Ce sont, pour la plupart, des bifurcations qui croisent la voie opposée et imposent ainsi des restrictions moyennes voire importantes à la conception de l'horaire.
- En Autriche, la concentration de bifurcations sur la section entre Salzbourg et Linz attire l'attention. Elles sont toutefois toutes classées dans les catégories minimales à moyennes.
- La modification entre les deux scénarios n'est pas significative. Certes, en Allemagne du sud, deux des goulets d'étranglement classés rouges (Rastatt Sud et Rosenheim) disparaissent, mais la sortie à une voie de Bruchsal-Rollenberg et la bifurcation Augsburg-Hochzoll sur le tronçon aménagé Augsburg – Munich demeurent. La nouvelle bifurcation de Neckartal, élément de la ligne nouvelle Stuttgart – Wendlingen – Ulm (Figure 24 et suivantes) vient s'ajouter.

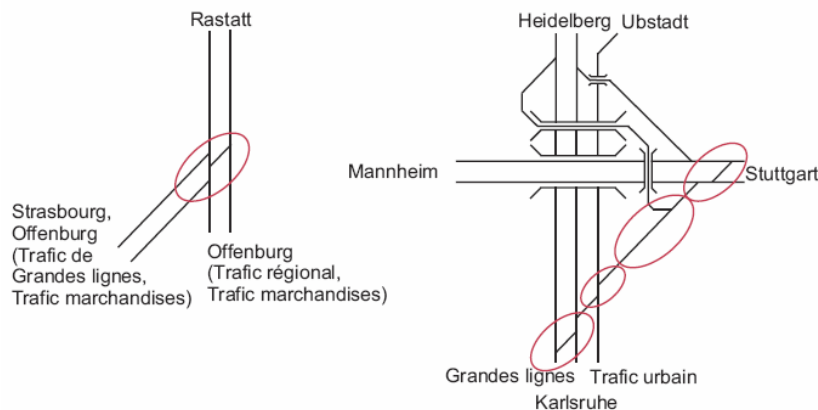


Figure 24 Bifurcation de Rastatt sud (à gauche) et bifurcations de Rollenberg et de Bruchsal Nord (à droite) avec les zones de conflits (rouge)

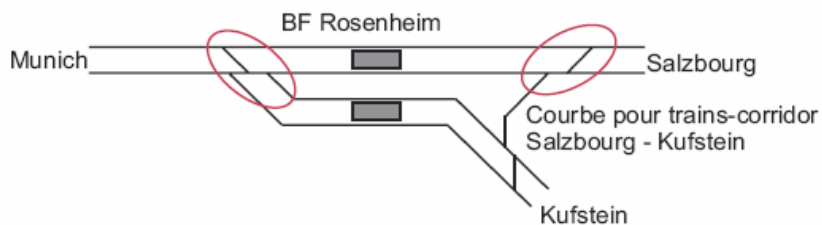


Figure 25 Gares et bifurcations de Rosenheim (schéma simplifié) avec les zones de conflits en rouge

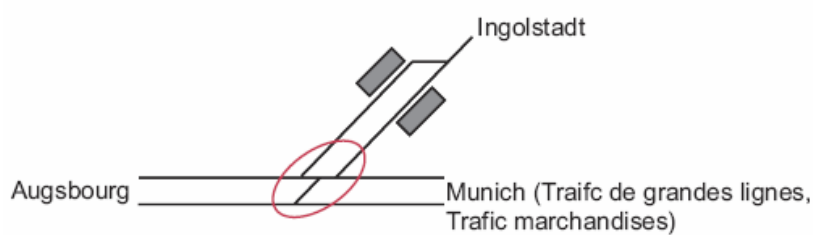


Figure 26 Bifurcation de Augsburg-Hochzoll avec les zones de conflits en rouge

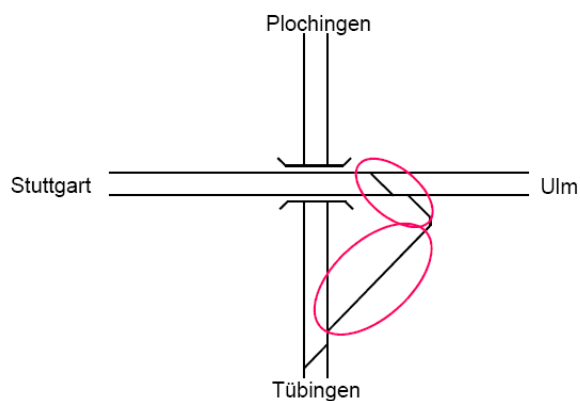


Figure 27 Bifurcation de la Neckartal avec les zones de conflit en rouge

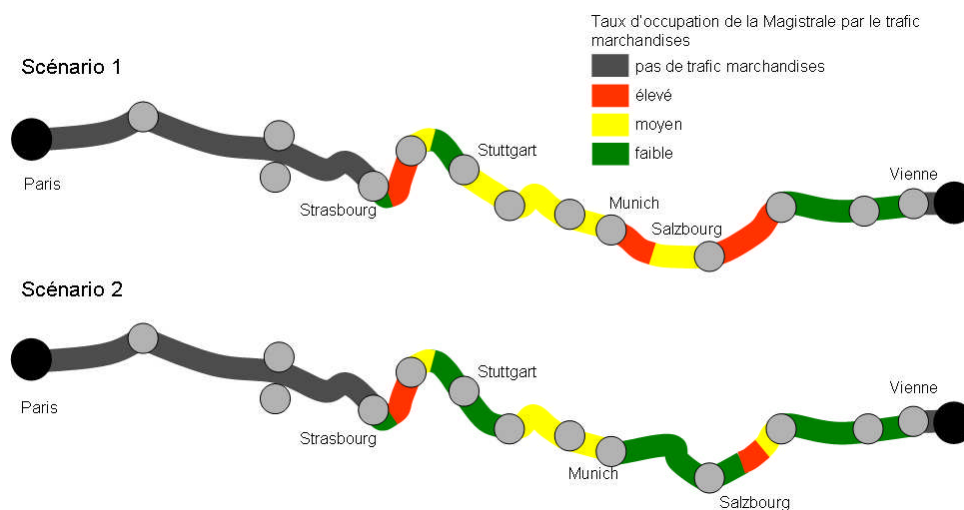


Figure 28 Taux d'occupation de la capacité de la Magistrale par le trafic marchandises

Les trains de marchandises qui circulent sur la ligne représentent une difficulté supplémentaire dans le cadre de la conception de l'horaire et de l'exploitation. Les évaluations des taux d'occupation de la capacité pour les scénarios 1 et 2 sont représentées par la figure 28. Elles reposent sur le nombre actuel de trains marchandises circulant.

7.3 Combinaison de réduction de temps de parcours et de contraintes de tracé

Aujourd'hui, une seule paire de trains circule entre Paris et Munich, trois autres entre Paris et Stuttgart (avec correspondances vers les trains nationaux ICE au départ / à destination de Munich). A l'Est de Munich, un cadencement à intervalle de deux heures Munich – Salzbourg – Vienne est en cours d'élaboration avec les nouveaux trains Railjet. Ces trains représentent pour ainsi dire le „squelette de base“ d'un train de la Magistrale. Des liaisons envisageables dans l'horaire 2009 actuel sont présentées dans le Tableau 8.

Ville	Arrivée	Départ	Catégorie de train	Temps de correspondance
Paris		7:24	TGV	
Stuttgart	11:03	11:12	ICE	9'
Munich	13:30	13:41	RB	11'
Salzbourg	15:47	16:08	OEC	21'
Vienne (gare ouest)	19:18	19:30	TRAM	12'

Ville	Arrivée	Départ	Catégorie de train	Temps de correspondance
Vienne (gare sud)	19:46	20:05	REX	19'
Bratislava	21:03			
Bratislava		8:33	REX	
Bruck a. d. L.	9:06	9:24	RJ	18'
Munich	14:31	16:23	ICE ¹¹	112'
Stuttgart	18:47	18:54	TGV	7'
Paris	22:37			

Tableau 8 Liaison servant d'exemple : Paris – Bratislava et Bratislava – Paris (horaire 2009)

A Munich, on constate une rupture de correspondance dans les deux sens :

- Direction Ouest – Est : voyage avec le train régional lent jusqu'à Salzbourg
- Direction Est – Ouest : un temps de correspondance très long de près de deux heures

Cela résulte du fait que le train ICE Stuttgart – Munich qui assure la correspondance du TGV Paris – Stuttgart rate de 5 à 10 minutes (selon la direction) le Railjet à destination de Vienne à Munich. Cette rupture dans la chaîne de voyage est uniquement déterminante pour les voyageurs de la liaison Strasbourg (et villes à l'Ouest de Strasbourg) – Salzbourg (et villes à l'Est de Salzbourg). Pour les voyageurs en provenance du Sud de l'Allemagne via Munich, il existe d'autres liaisons avec d'autres trains qui sont env. 30 minutes plus rapides. Cet exemple permet de constater que la chaîne de voyage Paris – Bratislava ne pourra pas renoncer aux produits nationaux rapides¹², pour le moins à moyen terme.

Si l'on additionne les gains de temps répertoriés au chapitre 5, les temps de parcours théoriques se réduisent.

¹¹ Il existe aussi la possibilité de partir une heure plus tôt pour Stuttgart avec l'ICE. Toutefois, on y retrouve le même TGV. Le temps d'attente de la liaison est donc uniquement décalé sans être diminué.

¹² Dans le scénario 2 (point fixé à Vienne, Annexe 8) le train «Magistrale» entre Salzbourg et Vienne circule presque exactement sur un sillon IC du trafic national. Celui-ci pourrait théoriquement être utilisé pour un sillon rapide Magistrale. Le cas échéant, cela permettrait de réaliser au total des temps de parcours plus courts qu'avec un nouveau produit.

Scénario 1¹³ :

- Paris – Munich, de 42 minutes
- Munich – Vienne, de 39 minutes

Scénario 2¹⁴ :

- Paris – Munich, de 81 minutes
- Munich – Vienne, de 66 minutes

Il convient donc de déterminer : Dans quelles villes et pour quelles raisons conserve-t-on les minutes d'horaire actuelles : A Paris? A la frontière? A Karlsruhe? A Munich? A Vienne? Et comment intègre-t-on les gains de temps dans les marches? „Intégrer dans la marche“ signifie concrètement, devoir établir de nouveaux horaires pour tous les autres trains tout en tenant compte de toutes les contraintes de tracé. Selon la constellation, cela concerne entre plusieurs douzaines et quelques centaines de trains.

Ce travail de coordination pose déjà des exigences très élevées au sein d'un pays afin de regrouper sous un même toit les objectifs contradictoires des différents prestataires (et leurs marchés). En trafic international vient s'ajouter une autre dimension, la collision entre des systèmes – pour la plupart – clos avec la conception de l'offre qui leur est inhérente et qui est taillée sur mesures pour les besoins des marchés nationaux.

Qu'advient-il alors des gains de temps remis à la frontière nationale par un pays à son voisin? Existe-t-il un sillon horaire qui transmet le gain de temps jusqu'à la gare terminale? Et comment s'organisent les changements vers les principaux trains de correspondance? Ou bien le train accéléré dans un pays doit-il attendre aux frontières jusqu'à ce qu'il puisse de nouveau utiliser le sillon horaire qui lui était jusque là imparti? Dans un tel cas, les voyageurs profitent, dans un pays, d'une réduction du temps de parcours et, dans le pays voisin, d'un horaire inchangé peut-être déjà optimisé depuis de nombreuses années. C'est le trafic international qui est le souffre-douleur.

La problématique est donc simultanément liée à la politique européenne, à des aspects organisationnels et administratifs ainsi qu'à la technique du système ferroviaire.

¹³ Les gains de temps de parcours du scénario 1 se composent des gains de temps de parcours du scénario 1 et des gains supplémentaires de temps de parcours du Tableau 4.

¹⁴ Les gains de temps du scénario 2 se composent des gains de temps du scénario 1 et des gains de temps supplémentaires émanant du Tableau 5.

Dans les annexes 5 à 7, plusieurs ébauches de solutions ainsi que les problèmes qui en découlent sont représentés. Les hypothèses pour la création des sillons sont récapitulées à l'annexe 4. Les ébauches de solutions permettent de tirer trois conclusions :

1. La fixation des minutes de départ à une extrémité (Paris ou Vienne) minimise le nombre de conflits dans le pays du cas considéré, c.à.d. que la tendance consiste à transférer les conflits de l'autre côté de la frontière nationale.
2. La densité de conflits la plus élevée apparaît sur les lignes de trafic mixte sur lesquelles des trains de grandes lignes et des trains régionaux doivent se partager la capacité. Cela est clairement illustré par le scénario d'infrastructure 1 entre Stuttgart et Augsburg, entre Munich et Salzbourg ainsi qu'à l'Est de Vienne.
3. Dans le scénario 2, le nombre des conflits potentiels diminue nettement. Cela est la conséquence logique de l'augmentation considérable de la capacité grâce aux aménagements Stuttgart – Ulm, Munich – Mühldorf – Salzbourg et à la ligne autrichienne „Westbahn“. L'exemple fictif „Point initial Vienne fixé“ montre qu'à l'état final, on s'approche d'une bonne solution.

7.4 Le rôle de l'horaire dans la planification de l'infrastructure

Depuis le début de l'ère ferroviaire et les décennies suivantes jusqu'à l'heure actuelle sont caractérisés par le souhait d'ouvrages d'infrastructure sous forme de lignes nouvelles, de gares d'arrêt, etc. L'horaire était considéré en règle générale comme le dernier maillon dans une chronologie technique („planification classique“, Figure 30). Comme le nombre de trains était encore faible dans la plupart des cas, lorsque la demande l'exigeait, il était simple d'intégrer à l'horaire des trains supplémentaires. Un jour, ce système ferroviaire à orientation technique a atteint ses limites naturelles. Pour les franchir, une nouvelle infrastructure fait office de remède.

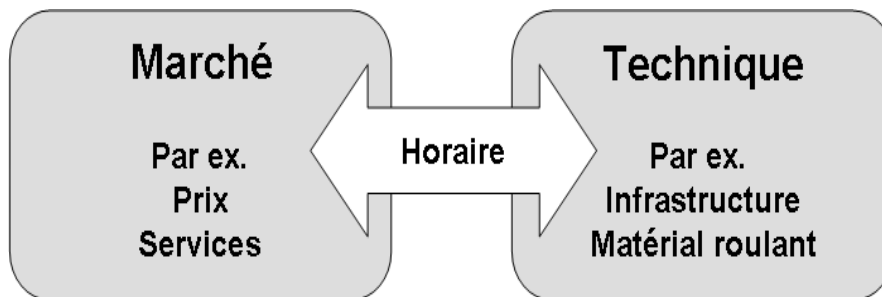


Figure 29 Horaire comme élément clef entre le marché et la technique

Parallèlement, un changement de cap a été franchi de la technique vers le client et vers le marché. Ainsi, on se pose certaines questions, à savoir quelles sont les caractéristiques qui assurent la réussite des chemins de fer sur le marché : le temps de parcours, le nombre de liaisons par jour, la ponctualité, la fiabilité des correspondances lorsque des changements s'imposent en cours de voyage. Dans cette manière de penser orientée vers le marché, la technique n'est pas le premier aspect, mais elle doit contribuer à satisfaire de manière optimale les souhaits des clients, qu'il s'agisse de leurs souhaits actuels ou de leurs souhaits futurs envisageables. L'horaire (dans un sens très large) est alors le maillon commun qui relie le marché et la technique (Figure 29).

Cette approche mène à un nouveau processus de planification tout à fait novateur, la planification intégrée (Figure 30). Plus les exigences du marché sont élevées, plus la densité des trains est élevée, plus cette méthode s'est imposée de bonne heure. Des systèmes de RER avec des tunnels à grande circulation dans les centres villes, le système japonais Shinkansen, Rail 2000 en Suisse et les lignes de TGV fortement sollicitées en France ont été créés ainsi en dépit de marchés des transports extrêmement différents.

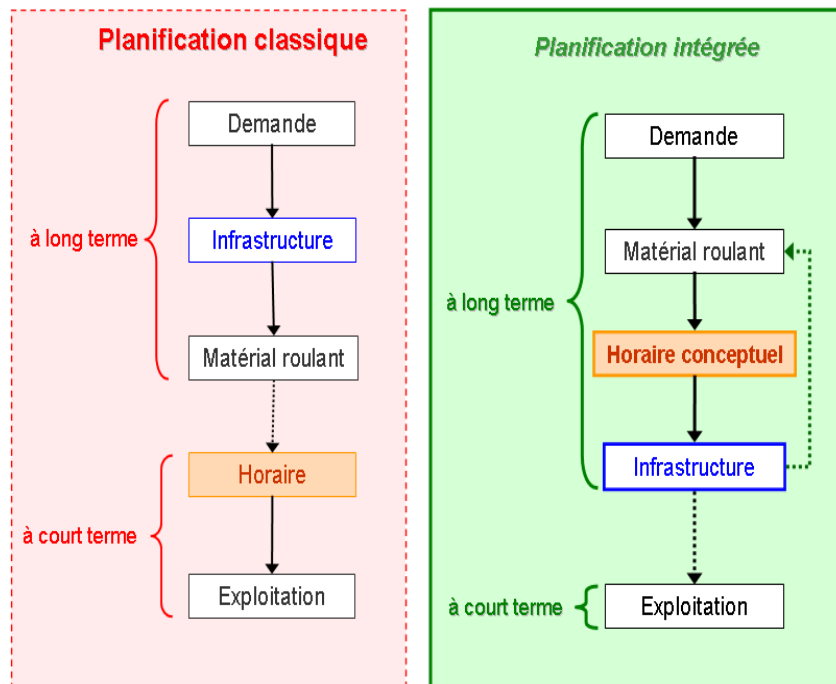


Figure 30 Schémas de la planification classique et de la planification intégrée

La planification de l'infrastructure, de l'horaire et du matériel roulant s'effectue dans le cadre d'un processus itératif appelé planification intégrée. L'horaire est intégré aux processus dès la planification à long terme. Le but de la planification intégrée est d'optimiser dans le système entier le temps de parcours total à l'échelle du réseau intégral. A cette fin, on s'efforce de concevoir des nœuds de raccordement avec des correspondances courtes entre les trains. Pour cela, de nouveaux projets coûteux et spectaculaires de lignes nouvelles ne sont pas toujours nécessaires. La nouvelle infrastructure à construire s'oriente sur les temps de parcours et les capacités nécessaires pour atteindre les objectifs. Contrairement à la planification classique, ici, le risque d'investissements inutiles est nettement réduit.

La planification intégrée permet de définir un état cible à long terme qui, dans la plupart des cas, ne peut pas être directement atteint. La connaissance de l'objectif permet néanmoins de définir des étapes intermédiaires sensées dans lesquelles les niveaux d'aménagement nécessaires sur le chemin menant à l'état cible peuvent déjà être utilisés (Figure 31).

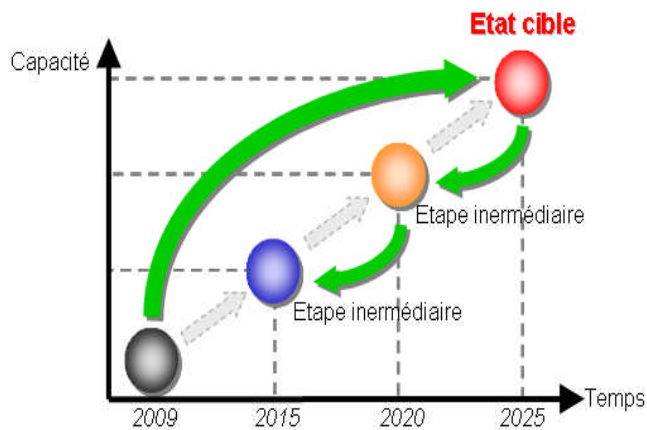


Figure 31 Etat cible et étapes intermédiaires

Il peut alors s'avérer nécessaire, sous l'angle de la capacité, d'optimiser une bifurcation à niveau en aménageant un saut de mouton pour atteindre l'état cible (cf. Figure 32). A une étape intermédiaire, cela n'est peut-être pas encore nécessaire. Toutefois, cette bifurcation peut déjà être utilisée, pour aiguiller le train orange vers une position optimale. D'autres exemples concernant l'élimination de goulets d'étranglement sont décrits à l'annexe 10.

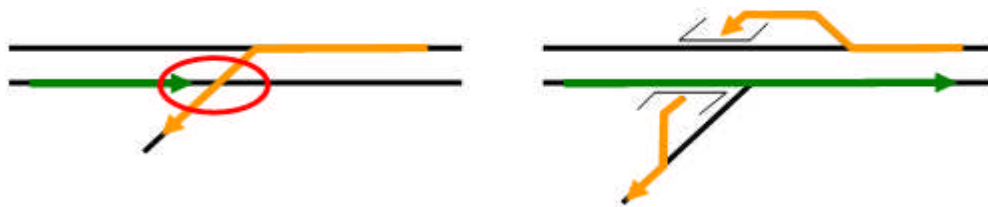


Figure 32 Elimination d'une bifurcation à niveau à l'aide d'un saut de mouton

Une planification de l'offre et de l'exploitation prise en compte très tôt, parallèlement à la planification de l'infrastructure, est la seule voie praticable afin d'identifier en temps utile des conflits cibles, d'adapter éventuellement l'infrastructure ou bien, si celle-ci se heurte à des limites pour des raisons financières ou autres, de modifier les objectifs. Il serait illusoire, au sein d'une infrastructure prédéfinie, d'abandonner la conception de l'horaire aux forces du marché.

8. Approches pour un processus de planification européen

8.1 Organes de coordination actuelles

Nous souhaitons aborder ici les organes de coopération transfrontalière actuelle. Ils dressent un aperçu des domaines de planification du chemin de fer dans lesquels une coopération a lieu à l'échelle transfrontalière (et ceux dans lesquels ce n'est pas le cas).

8.1.1 RailNetEurope (RNE)

RailNetEurope (RNE) est un regroupement de gestionnaires européens d'infrastructure dont le siège est à Vienne. RNE entend simplifier et harmoniser le processus de commande de sillons transfrontaliers. Dans ce contexte, elle met à disposition un guide „Procédure de demande de sillons internationaux“ qui régit la procédure de demande de sillons transfrontaliers des entreprises ferroviaires. Le document a pour objectifs :

- La réglementation de l'échange d'informations entre l'auteur de la commande de sillon et l'entreprise d'infrastructure
- L'exécution d'études de sillons
- La commande de sillons internationaux

La procédure qui commence au plus tôt 48 mois avant le changement d'horaire (X-48) comprend cinq étapes :

1. Exigences stratégiques (à partir de X-48)
2. Etude de faisabilité relative aux sillons (à partir de X-18)
3. Commande des sillons (X-8)
4. Elaboration du projet d'horaire du réseau (à partir de X-8)
5. Affectation des sillons émanant de la capacité restante (après X-4)

La procédure propose aux nouvelles entreprises ferroviaires potentielles de faire enregistrer à moyen terme leurs souhaits en matière d'horaire dans le cadre de l'open access (à partir de 48 mois avant le changement d'horaire). Le plus souvent, des infrastructures supplémentaires ne peuvent plus être réalisées dans le cadre de ce préavis. Une coordination stratégique à long terme entre l'horaire et la construction d'infrastructure n'a pas lieu.

8.1.2 Forum Train Europe (FTE)

Le Forum Train Europe (FTE) est une organisation européenne d'entreprises ferroviaires et de prestations de services situées à Berne. Elle met l'accent sur une harmonisation opérationnelle à court terme des transports transfrontaliers. Les points suivants sont entre autres définis entre les entreprises ferroviaires participantes :

- Horaire international en trafic international voyageurs et marchandises
- Planification du roulement du matériel roulant
- Formation rationnelle de trains internationaux
- Planification des interventions (traction et personnel)

FTE concentre son activité sur la coordination à court terme des horaires avec un préavis de 12 mois maximum avant le changement d'horaire. Une coordination stratégique à long terme et une planification intégrée de l'horaire et de l'infrastructure n'ont pas lieu dans ce cadre.

8.1.3 Alliances et sociétés communes

Outre les deux regroupements européens mentionnés ci-dessus, plusieurs entreprises de transports se sont réunies dans des alliances ou bien ont fondé des entreprises communes. Celles-ci s'efforcent de réaliser une offre attrayante en trafic de grandes lignes sur des lignes sélectionnées. La forme juridique et l'objectif de ces alliances sont différents. Toutefois, grâce à leur regroupement, elles disposent dans la plupart des cas du potentiel nécessaire pour développer une maîtrise du marché plus importante. Ces regroupements ont un effet positif lors de la recherche de sillons horaires optimaux. Citons parmi ces alliances :

- TEE Rail Alliance est une coopération entre la DB, la ÖBB et les CFF avec pour objectif d'améliorer le trafic international entre les trois pays participants.
- Alleo est une filiale commune entre la DB et la SNCF. Elle se charge du marketing pour les trafics entre Paris et Francfort ainsi que Stuttgart / Munich. Alleo est issue de Rhealys.
- Thalys et Lyria sont d'autres filiales des opérateurs nationaux au même titre que Alleo.
- Railteam est un regroupement de DB, SNCF, Eurostar, NS Hispeed, ÖBB, CFF et SNCB. L'objectif consiste à renforcer le trafic à grande vitesse. Cette alliance se concentre actuellement sur l'harmonisation des systèmes de réservation, des programmes de fidélisation de la clientèle et des informations

destinées aux voyageurs.

8.1.4 Synthèse de la situation actuelle

La planification de l'exploitation ferroviaire se subdivise en trois étapes temporelles :

- planification stratégique à long terme
- planification à moyen terme
- planification opérationnelle à court terme

Les planifications à court et moyen terme des transports internationaux sont plus ou moins développées chez les gestionnaires d'infrastructure et les entreprises ferroviaires :

- Forum Train Europe s'est établi pour la coordination opérationnelle à court terme des transports internationaux.
- Pour coordonner la planification à moyen terme en trafic transfrontalier, les gestionnaires nationaux d'infrastructure se sont regroupés dans le cadre de RailNetEurope. Cette coordination permet aux nouveaux entrants d'obtenir plus facilement des sillons internationaux.

Actuellement, chez RailNetEurope les exigences du trafic marchandises sont encore majoritaire. Son objectif consiste toutefois à utiliser cette coordination internationale des sillons également pour le trafic voyageurs. L'aspect long terme qui, seul, permet l'intégration de la planification d'infrastructure manque à cette coordination par RNE.

Un processus de coordination stratégique et international de l'horaire et de l'infrastructure n'existe à l'heure actuelle ni dans le cadre des alliances ni chez RailNetEurope ou Forum Train Europe. RailNetEurope constitue toutefois un bon point de départ pour ce type de planification vu qu'il regroupe les gestionnaires européens d'infrastructure.

8.2 Planification européenne des sillons à l'avenir

Il y a lieu de prendre en compte les éléments suivants pour la planification européenne des sillons à l'avenir :

- L'open access pour le trafic voyageurs apportera de nouveaux concurrents.
- Ces nouveaux concurrents demanderont des sillons supplémentaires auprès des gestionnaires d'infrastructure.
- Les gestionnaires d'infrastructure indépendants auront ainsi la possibilité d'améliorer leurs recettes.
- Pour améliorer leurs recettes, ils devront eux-mêmes mettre à disposition des sillons rapides attrayants.
- Les gestionnaires d'infrastructure ont besoin d'une évaluation du marché commune afin de pouvoir analyser quels sillons internationaux sont requis sur quels corridors et à quel moment.

Comme le montre le chapitre 7, c'est justement pour des lignes longue distance qu'il faut une coordination conçue à long terme afin d'obtenir des sillons optimaux. Une telle coordination a besoin de buts précis.

8.2.1 Définition des objectifs

L'objectif principal consiste à rendre possible une offre internationale de haut niveau. Une mise en adéquation des sillons, des infrastructures et des horaires s'imposent. Ce qui, à son tour, exige des gestionnaires d'infrastructure européens de s'entendre sur des objectifs communs de stratégie à long terme et sur un processus commun. Ce processus doit déboucher sur un assemblage optimisé de l'infrastructure et de l'horaire. Cet assemblage permet d'offrir aux gestionnaires d'infrastructure des sillons attrayants tout en planifiant de manière optimale les investissements.

Une évaluation commune du marché par les gestionnaires d'infrastructure sur l'évolution du trafic international s'impose. Cette évaluation pourrait être élaborée dans le cadre de RailNetEurope qui devrait pour ce faire enregistrer en plus les souhaits à long terme des entreprises de transport.

Dans une deuxième étape, il convient de définir des conventions d'objectifs communs :

- Quels sillons doivent être mis à disposition?
- A quelle date ces sillons doivent-ils être proposés?

- Quelles infrastructures doivent être réalisées dans cette optique?

Ces objectifs doivent être définis dans un concept qui englobe tous les domaines de l'évolution de l'infrastructure et de l'horaire. Ce processus est représenté par la figure 33.

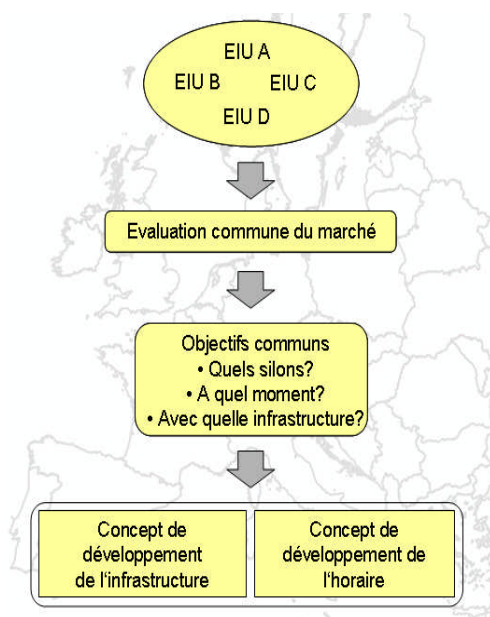


Figure 33 Procédure possible de coordination transfrontalière entre l'infrastructure et l'horaire (EIU = Eisenbahninfrastrukturbetreiber = gestionnaire d'infrastructure ferroviaire = GI)

L'achèvement simultané de plusieurs nouvelles infrastructures est rarement possible. Or chaque état d'infrastructure requiert en règle générale son propre horaire. Il est donc important que l'état cible soit réalisable en étapes (cf. Figure 31) et que ces étapes soient assorties de concepts d'horaire et d'infrastructure harmonisés. Les objectifs et le concept d'horaire et d'infrastructure combiné doivent être vérifiés et adaptés à intervalles réguliers.

8.2.2 Outils

Une base commune et des outils communs sont nécessaires pour pouvoir développer dans ce processus complexe des objectifs communs et visualiser leurs conséquences. Un instrument envisageable serait une „Etude d'impact sur

l'horaire (EIH)¹⁵ ayant pour objectif de contrôler les effets d'une nouvelle infrastructure sur les horaires existants.

Si un gestionnaire d'infrastructure souhaite mettre en service une nouvelle infrastructure qui engendre une réduction des temps de parcours, il convient d'examiner si ce gain de temps a des conséquences sur d'autres horaires et dans quelles conditions ce gain de temps peut être transmis à un pays voisin.

Les questions suivantes doivent être résolues dans le cadre de l'EIH :

- Où la nouvelle infrastructure a-t-elle des conséquences sur la conception de l'horaire?
- Quelles conditions doivent être remplies pour tirer un maximum de bénéfice de la nouvelle infrastructure?

Il convient dans le cadre de l'EIH d'attirer l'attention de tous les participants sur les conséquences d'une modification. Cela est la condition essentielle pour trouver une solution optimale.

Les figures suivantes regroupent un ensemble d'exemples des interdépendances qui existent sur un tronçon de ligne. Ces interdépendances englobent non seulement les contraintes de tracé sur le tronçon concerné, mais également toutes les contraintes de tracé sur la ligne entière de tous les trains qui circulent sur ce tronçon. La figure 34 présente un aperçu des lignes concernées par la Magistrale. La figure 35 explique en détail les conséquences d'une mesure.

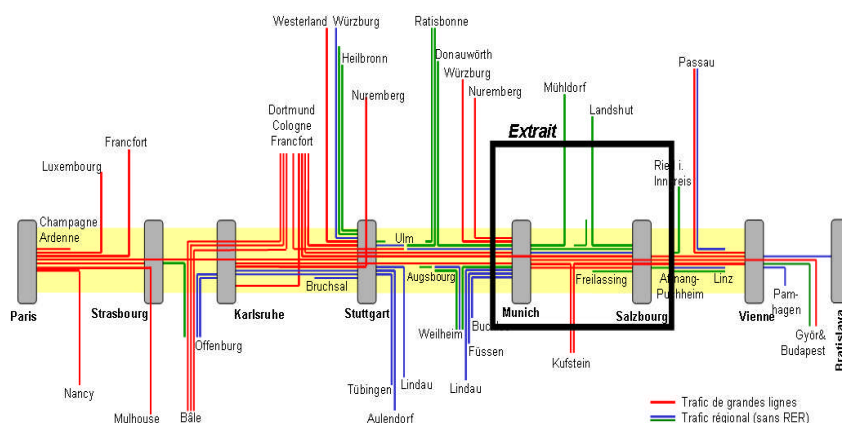


Figure 34 Aperçu des lignes concernées par la Magistrale

¹⁵ Le terme s'appuie sur l'étude d'impact sur l'environnement (EIE). Comme une EIE vérifie les répercussions d'un ouvrage de construction sur l'environnement, une étude d'impact sur l'horaire contrôle les effets d'une nouvelle infrastructure sur la structure d'horaire existante.

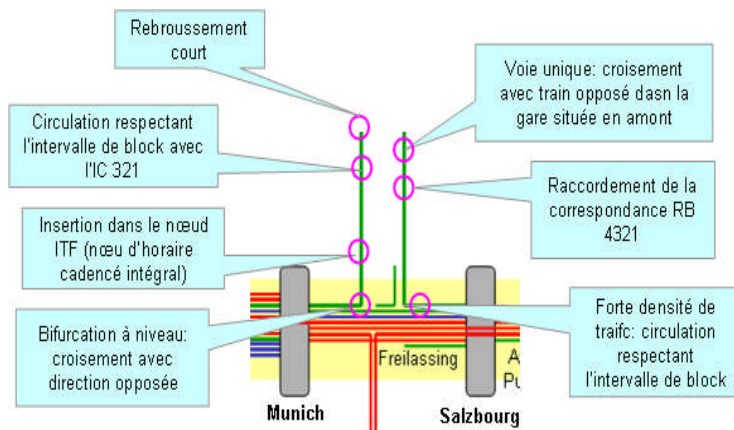


Figure 35 Exemple fictif des interactions entre l'horaire et l'infrastructure pour trains entrants et sortants de la Magistrale

8.2.3 Qui pourrait initier cette procédure?

Les entreprises de transport pénétrant sur le marché pourraient lancer la procédure présentée à la figure 33. Cela comporte toutefois le risque que les gestionnaires d'infrastructure se contentent de réagir aux modifications sans participer activement à leur mise en œuvre ce qui engendrerait un patchwork d'offres. Le plus souvent, des temps de parcours optimaux avec des correspondances optimisées ne peuvent pas être réalisés de cette manière.

Il serait plus judicieux que les gestionnaires d'infrastructure élaborent d'eux mêmes un concept global parfaitement structuré avec des sillons et des correspondances optimales et une infrastructure utilisée de manière optimale et qu'ils proposent ces sillons aux entreprises de transport dans le cadre de l'open access. Comme l'infrastructure est organisée au niveau national et que la demande intérieure domine dans les différents Etats, l'initiative d'une démarche internationale doit être présentée de l'extérieur aux gestionnaires d'infrastructure.

L'introduction de l'open access est le résultat d'une décision des milieux politiques et des parlements de l'UE. Il serait judicieux que l'UE initie aussi le processus visant à la création des conditions nécessaires pour l'open access en trafic voyageurs international.

20.10.2009 / WST, gni, mm, ch

T:\1466-Magistrale, Int. Koordination der HGV-Angebote\L2 Ergebnisse\L22 Berichte\Französische

9. Index et référencess

Index des figures

Figure 1	Trains de la Magistrale.....	1
Figure 2	Infrastructure de la Magistrale avec ses bifurcations	4
Figure 3	Trains qui circulent sur au moins un tronçon de la Magistrale.....	5
Figure 4	Trains circulant exclusivement sur la Magistrale	5
Figure 5	Légende concernant les illustrations "Différence relative au temps de parcours le plus rapide"	12
Figure 6	Différence entre les meilleurs temps de parcours depuis Paris entre 1994 et 2008.....	12
Figure 7	Différence des meilleurs temps de parcours à destination de Karlsruhe	13
Figure 8	Différence du meilleur temps de parcours à destination de Salzbourg 1994-2008.....	13
Figure 9	Légendes relatives aux figures "Nombre de liaisons" (différence 2008 - 1994).....	14
Figure 10	Nombre de liaisons à destination de Strasbourg (différence 2008-1994).....	14
Figure 11	Nombre de liaisons à destination de Stuttgart (différence 2008-1994).....	14
Figure 12	Légende relative aux figures "Taux de cadencement"	15
Figure 13	Taux de cadencement des liaisons à destination de Munich (horaire 2008).....	15
Figure 14	Taux de cadencement des liaisons à destination de Vienne (horaire 2008).....	16
Figure 15	Effets des écarts de cadence sur la cadence de la liaison entière	17
Figure 16	Différenciation des temps de parcours additionnés à destination des grandes gares 1994-2008	17
Figure 17	Différence des temps de parcours additionnés 1994-2008.....	18
Figure 18	Différences des densités de liaisons ajoutés.....	18

Figure 19	Nouvelle infrastructure pour le scénario 1 (bleu).....	23
Figure 20	Nouvelle infrastructure pour le scénario 2 (vert)	25
Figure 21	Bifurcation à niveau	29
Figure 22	Classification des bifurcations (scénario 1)	30
Figure 23	Classification des bifurcations (scénario 2)	30
Figure 24	Bifurcation de Rastatt sud (à gauche) et bifurcations de Rollenberg et de Bruchsal Nord (à droite) avec les zones de conflits (rouge)	31
Figure 25	Gares et bifurcations de Rosenheim (schéma simplifié) avec les zones de conflits en rouge.....	32
Figure 26	Bifurcation de Augsburg-Hochzoll avec les zones de conflits en rouge.....	32
Figure 27	Bifurcation de la Neckartal avec les zones de conflit en rouge	32
Figure 28	Taux d'occupation de la capacité de la Magistrale par le trafic marchandises.....	33
Figure 29	Horaire comme élément clef entre le marché et la technique.....	37
Figure 30	Schémas de la planification classique et de la planification intégrée	38
Figure 31	Etat cible et étapes intermédiaires.....	39
Figure 32	Elimination d'une bifurcation à niveau à l'aide d'un saut de mouton	39
Figure 33	Procédure possible de coordination transfrontalière entre l'infrastructure et l'horaire (EIU = Eisenbahninfrastrukturbetreiber = gestionnaire d'infrastructure ferroviaire = GI).....	44
Figure 34	Aperçu des lignes concernées par la Magistrale.....	45
Figure 35	Exemple fictif des interactions entre l'horaire et l'infrastructure pour trains entrants et sortants de la Magistrale.....	46

Répertoire des tableaux

Tableau 1	Gares de destination et d'origine retenues pour l'analyse des temps de parcours (classement par pays).....	9
Tableau 2	Comparaison des temps de parcours en 1994 et en 2008	11
Tableau 3	Mesures d'infrastructure admises pour la Magistrale entre Paris et Bratislava	23
Tableau 4	Gains de temps grâce aux mesures d'infrastructure (scénario 1)	24
Tableau 5	Gains de temps grâce aux mesures d'infrastructure (scénario 2)	26
Tableau 6	Temps de parcours arrondis Paris – Bratislava.....	27
Tableau 7	Légende des figures 22 et 23	30
Tableau 8	Liaison servant d'exemple : Paris – Bratislava et Bratislava – Paris (horaire 2009)	34

Figures: différence des temps de parcours	1
Figures: différence du nombre de liaisons	2
Figures: taux de cadencement.....	3
Hypothèses et méthodologie de conception de scénarios d'horaires	4
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 1), fixé à Paris.....	5
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 1), fixé à Vienne.....	6
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 2), fixé à Paris.....	7
Graphiques de la marche des trains Paris – Bratislava (scénario 2), fixé à Vienne.....	8
Les difficultés techniques rencontrées	9
Ebauches de solutions sur l'infrastructure	10

- plus de 30 min plus rapide
- 11 à 30 min plus rapide
- temps de parcours semblable
- 11 à 30 min plus lent
- plus de 30 min plus lent

Légende relative aux Illustrations « Différence relative au temps de parcours le plus rapide »



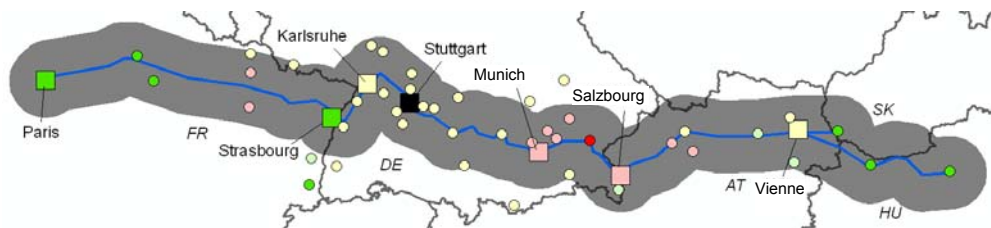
Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Paris



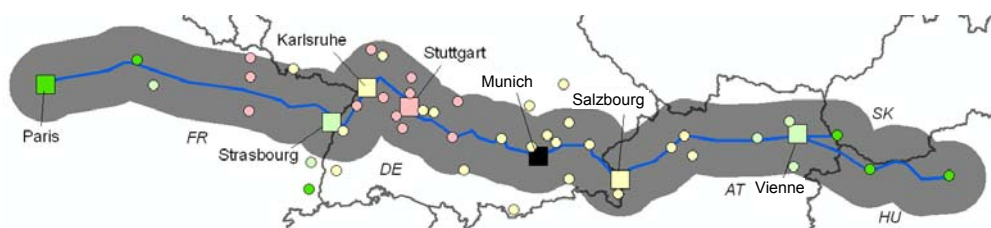
Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Strasbourg



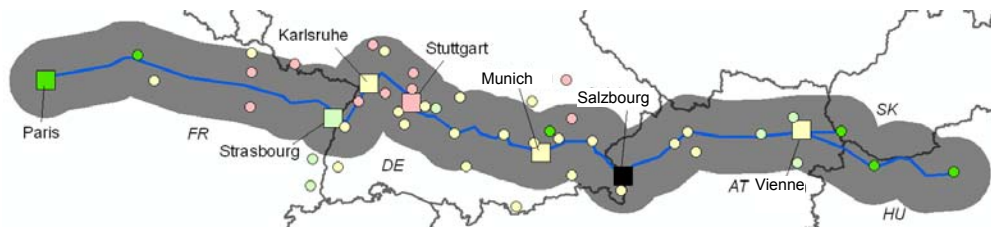
Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Karlsruhe



Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Stuttgart



Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Munich



Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Salzburg



Différence relative au temps de parcours le plus rapide à destination de Vienne

- plus de 10 liaisons supplémentaires
- 6 à 10 liaisons supplémentaires
- nombre de liaisons semblable
- 6 à 10 liaisons en moins
- plus de 10 liaisons en moins

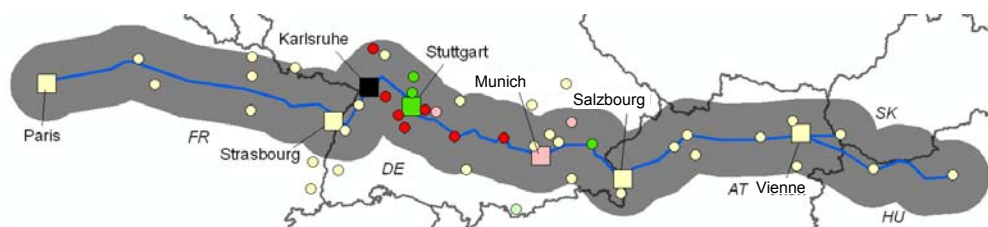
Légende relative aux illustrations « Nombre de liaisons (différence 2008 – 1994) »



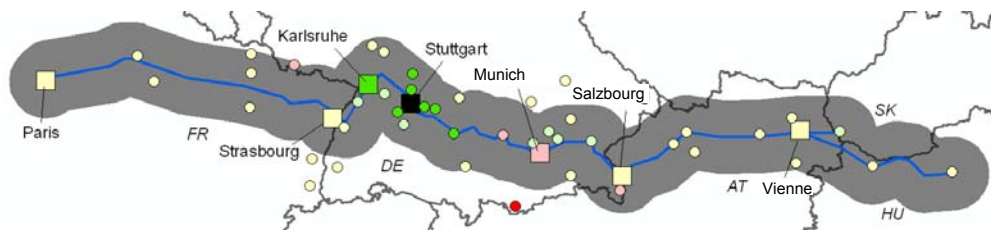
Nombre de liaisons à destination de Paris (différence 2008 – 1994)



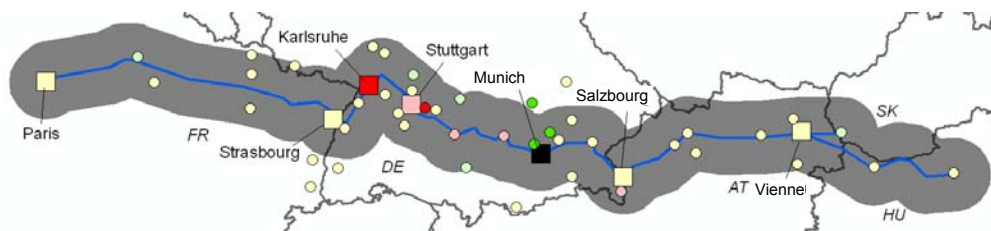
Nombre de liaisons à destination de Strasbourg (différence 2008 – 1994)



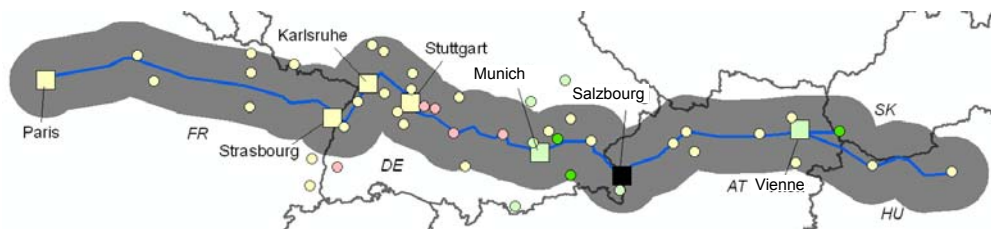
Nombre de liaisons à destination de Karlsruhe (différence 2008 – 1994)



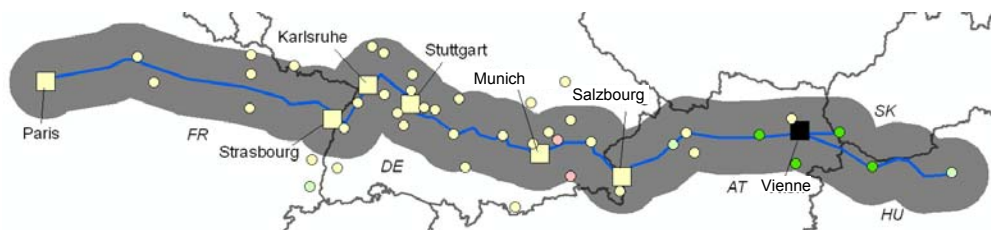
Nombre de liaisons à destination de Stuttgart (différence 2008 –1994)



Nombre de liaisons à destination de Munich (différence 2008 –1994)



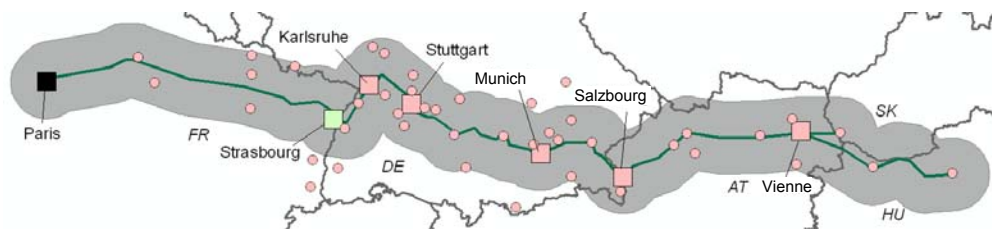
Nombre de liaisons à destination de Salzburg (différence 2008 –1994)



Nombre de liaisons à destination de Vienne (différence 2008 –1994)

- cadencement élevé
- cadencement moyen
- cadencement faible

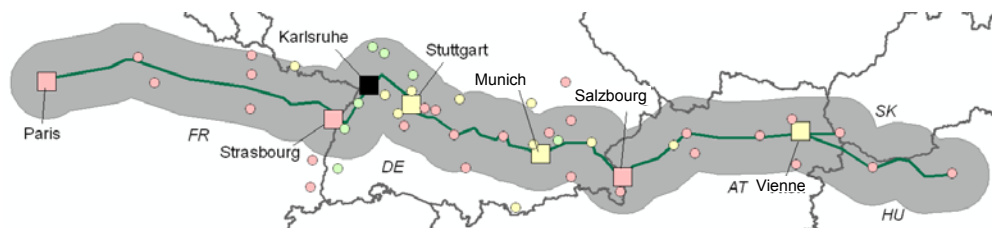
Légende relative aux illustrations « Degré de cadencement »



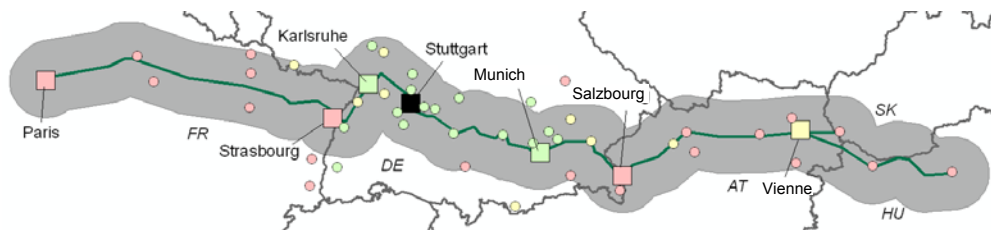
Degré de cadencement des liaisons à destination de Paris (horaire 2008)



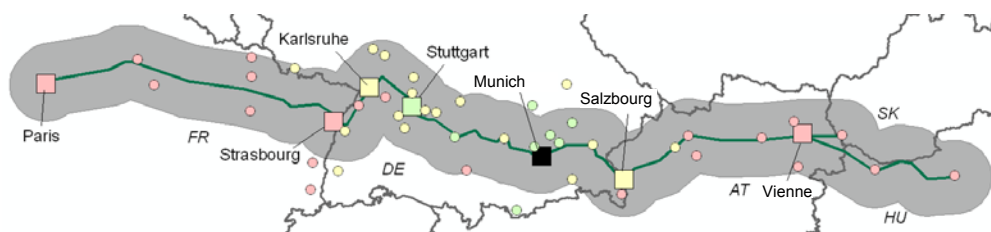
Degré de cadencement des liaisons à destination de Strasbourg (horaire 2008)



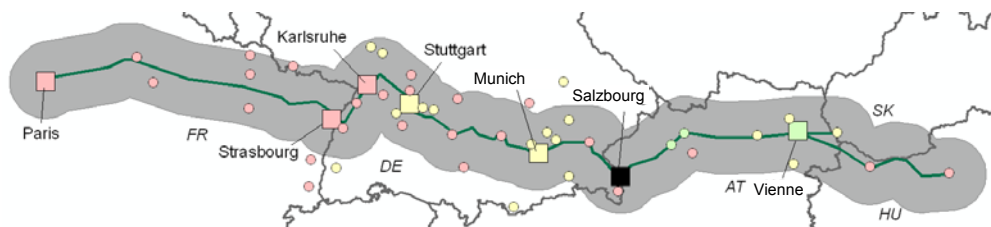
Degré de cadencement des liaisons à destination de Karlsruhe (horaire 2008)



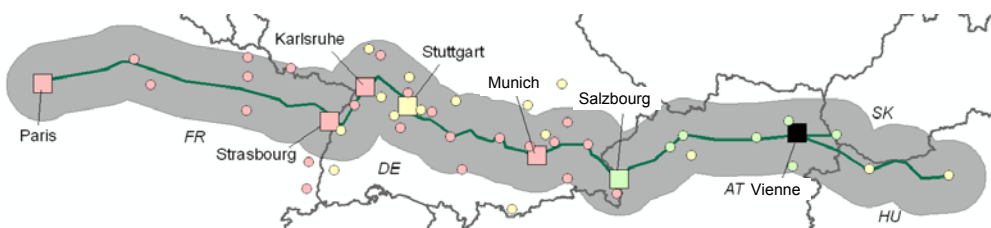
Degré de cadencement des liaisons à destination de Stuttgart (horaire 2008)



Degré de cadencement des liaisons à destination de Munich (horaire 2008)



Degré de cadencement des liaisons à destination de Salzburg (horaire 2008)



Degré de cadencement des liaisons à destination de Vienne (horaire 2008)

Philosophie et durée des arrêts

Hypothèses du scénario 1

Hypothèses du scénario 2

Méthodologie de conception des horaires

Les exemples représentés dans les annexes 5 et 8 permettent de se représenter la quantité de travail nécessaire pour le montage d'un horaire. L'approche théorique est la suivante :

Dans les deux scénarios 1 (2015) et 2 (2020) concernant l'infrastructure, nous plaçons un train international sur la Magistrale avec une marche idéale dans un graphique horaire dans lequel les trains nationaux sont eux aussi adaptés aux nouveaux horaires. La minute de départ du train Magistrale est fixée – en comparaison aux horaires actuels – soit à Paris ou à Vienne. Les temps de parcours valables pour les trains grandes lignes circulant actuellement servent de base pour les temps de parcours. Concernant les temps d'arrêt, nous utilisons les hypothèses résumées dans le tableau suivant :

Gare	Temps d'arrêt [min]	Remarques
Paris Est	-	Gare origine / gare terminus
Strasbourg (gare principale)	4	Gare frontière
Karlsruhe (gare principale)	2	
Stuttgart (gare principale)	5 / 3	Scénario 1 avec retournement / Scénario 2 avec nouvelle gare principale à Stuttgart (gare souterraine)
Ulm (gare principale)	2	
Augsbourg (gare principale)	2	
Munich (gare principale)	5	Retournement
Salzbourg (gare principale)	4	Gare frontière
Linz (gare principale)	3	
St. Pölten (gare principale)	2	
Vienne (gare principale)	3	
Aéroport de Vienne	2	Uniquement scénario 1
Bratislava hl st		Gare origine / gare terminus

Outre les nouveaux horaires définis par l'infrastructure, une série d'hypothèses doit également être émise pour les autres trains circulant sur la Magistrale. Ces hypothèses (nombre de trains et leur politique d'arrêt) se déduisent essentiellement par analogie à l'état actuel.

Hypothèses du scénario 1 (2015)

Les modifications suivantes ont été prises en comptes pour les trains grandes lignes dans le scénario 1 en raison de l'infrastructure supplémentaire disponible :

- TGV Est 2^e étape : les TGV Paris – Strasbourg demeurent fixés à Paris. Les gains de temps sont intégrés en direction de l'Est. Les autres TGV au départ / à destination de Paris Est ne sont pas influencés par la mise en service de l'infrastructure et ne sont donc pas adaptés.
- Strasbourg – Appenweier : le gain de temps est intégré au train de la Magistrale.
- Augsburg – Munich : le gain de temps pour les trains grandes lignes est reporté vers Munich, c.à.d. que les trains arrivent 6' plus tôt à Munich et en repartent 6' plus tard.
- Freilassing – Salzburg : les RER circulent désormais sur la 3^e voie supplémentaire et n'entrent plus en conflit avec les trains Rosenheim – Salzburg entre Freilassing et Salzburg. Le cadencement des RER est densifié et les rames circulent à intervalles de 15'. Le train de la Magistrale n'est pas directement concerné par cette modification vu qu'il n'y a pas de gain de temps.
- Attnang-Puchheim – Wels : le gain de temps est intégré pour tous les trains grandes lignes en direction de Vienne.
- Amstetten – St. Pölten et St.Pölten – Vienne : le gain de temps est intégré pour tous les trains en direction de Vienne.
- Vienne Sud : le train Magistrale n'est plus aiguillé vers la gare Ouest de Vienne, aucune modification pour les autres trains.
- Vienne – Bratislava : en général, aucune réduction importante du temps de parcours vu que la vitesse plus élevée sur certains tronçons est compensée par un itinéraire plus long et un arrêt supplémentaire à l'aéroport. Les trains grandes lignes en direction de Hegeyshalom (Hongrie) circulent désormais via l'aéroport.

Hypothèses du scénario 2 (2020)

Le scénario 2 s'appuie sur le scénario 1. Les modifications suivantes ont été prises en comptes pour les trains grandes lignes dans le scénario 2 en raison des nouvelles infrastructures disponibles:

-
- Rastatt – Karlsruhe : le gain de temps réalisé grâce au tunnel de Rastatt est intégré en direction de Bâle et Stuttgart.
 - Stuttgart 21 (nouvelle gare principale comme gare de passage et ligne nouvelle Stuttgart-Feuerbach – Wendlingen avec raccordement de l’aéroport) et ligne nouvelle Wendlingen – Ulm :
 - la réduction de 2 minutes du temps d’arrêt à la gare principale de Stuttgart est intégrée en direction de Munich.
 - la réduction de 26 minutes du temps de parcours des trains qui circulent sans arrêt sur la ligne nouvelle entre Stuttgart et Ulm est intégrée en direction de Munich.
 - Densification de la cadence avec des trains de grandes lignes circulant toutes les trois heures entre Stuttgart et Munich.
 - Trafic régional cadencé à 30’ Stuttgart – NBS – Tübingen.
 - Neu-Ulm – Neuoffingen : le gain de temps est intégré en direction de Munich
 - Dinkelscherben – Augsburg : le gain de temps est intégré en direction de Munich
 - Munich – Markt-Schwaben : grâce aux voies supplémentaires, les RER circulent indépendamment du reste du trafic voyageurs, plus aucun contact avec le train de la Magistrale
 - Markt-Schwaben – Mühldorf – Freilassing : le train de la Magistrale et le Railjet utilise la ligne plus courte et plus rapide via Mühldorf
 - Salzburg – Seekirchen/Köstendorf : le gain de temps est intégré en direction de Vienne
 - Seekirchen/Köstendorf – Attnang-Puchheim : le gain de temps est intégré en direction de Vienne
 - Wels – Linz : circulation du trafic régional sur des voies séparées, aucunes interactions avec le trafic grandes lignes
 - Vienne – Bratislava : le train de la Magistrale utilise la ligne plus courte à destination de Bratislava via Marchegg, aucune modification pour les autres trains

Nous obtenons comme résultat quatre versions d’horaires avec un nombre différent de conflits horaires non résolus (dans un premier temps) qui sont signalés par des cercles dans les graphiques de la marche des trains. Pour chacun de ces conflits d’horaire, il convient d’élaborer une solution réaliste, en d’autres termes, un horaire sans conflit. Les graphiques de la marche des trains suivants décrivent donc le point de départ (une situation initiale envisageable) d’un tel

processus et non la solution elle-même. Quelques conclusions peuvent malgré tout être déduites à partir des situations initiales.

1. La fixation des minutes de départ à une extrémité (Paris ou Vienne) minimise le nombre des conflits dans le pays respectif, c.à.d. que la tendance consiste à transférer les conflits de l'autre côté de la frontière nationale.
2. La densité de conflits la plus élevée apparaît sur les lignes de trafic mixte sur lesquelles des trains grandes lignes et des trains régionaux doivent se partager la capacité. Cela est clairement illustré par le scénario d'infrastructure 1 entre Stuttgart et Augsburg, entre Munich et Salzbourg ainsi qu'à l'Est de Vienne.
3. Dans le scénario 2, le nombre des conflits potentiels diminue nettement. C'est la conséquence logique de l'augmentation de capacité grâce aux aménagements Stuttgart – Ulm, Munich – Mühldorf – Salzbourg et à la ligne autrichienne « Westbahn ». L'exemple « Point initial Vienne fixé » montre qu'à l'état final, on s'approche d'une bonne solution.

Graphique de la marche des trains Paris – Stuttgart
Graphique de la marche des trains Stuttgart – Munich
Graphique de la marche des trains Munich – Bratislava

Résumé des conflits

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

km
423.0
414.3

Paris
Noisy-le-Sec

113.9 Champag-Ardenes

213.8 Meuse

268.2 Metz NAN

281.3 Lorraine-Louv

299.5 Baudrecourt Racc

406.0 Vendenheim 2
18.7
7.7
13.6

Strasbourg
Kehl

105.5 Baden-Baden
96.4 Rastatt-Süd
82.2 Rastatt

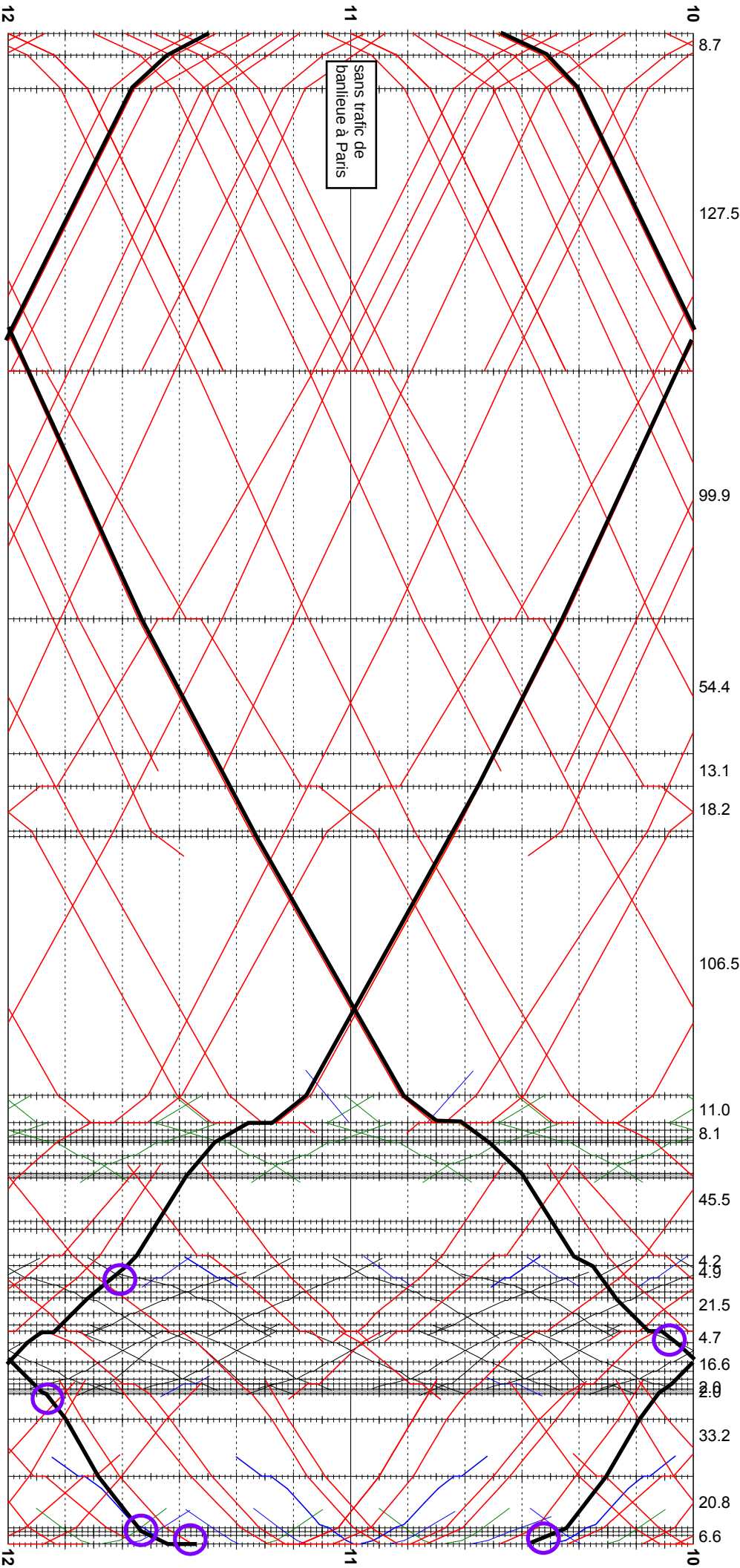
60.7 Karlsruhe Hbf
58.2 Karlsru-Durlach

49.6 Bruchsal Nord
48.3 Rülshaus

78.5 Vaihingen (Enz)

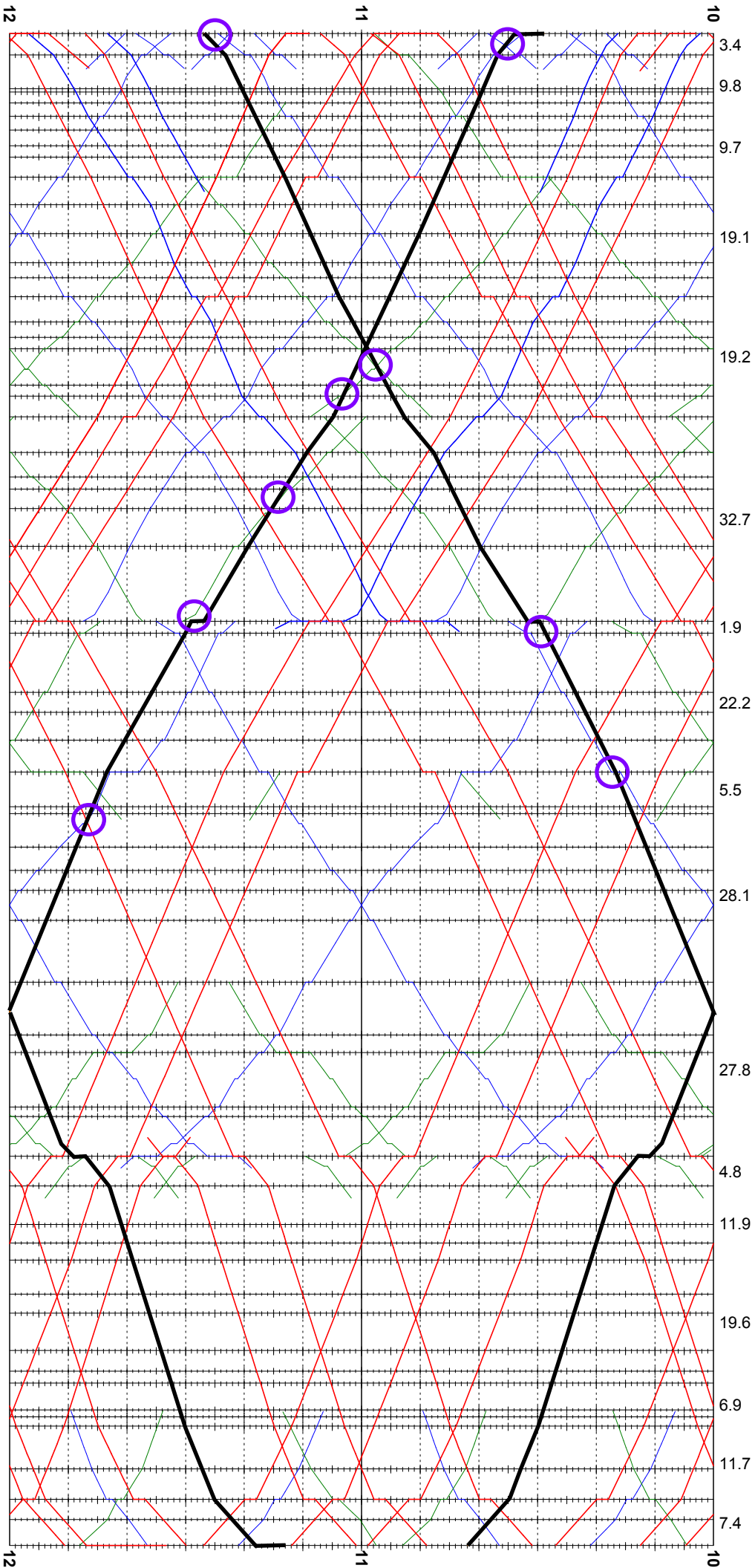
99.3
6.6

Stuttgart



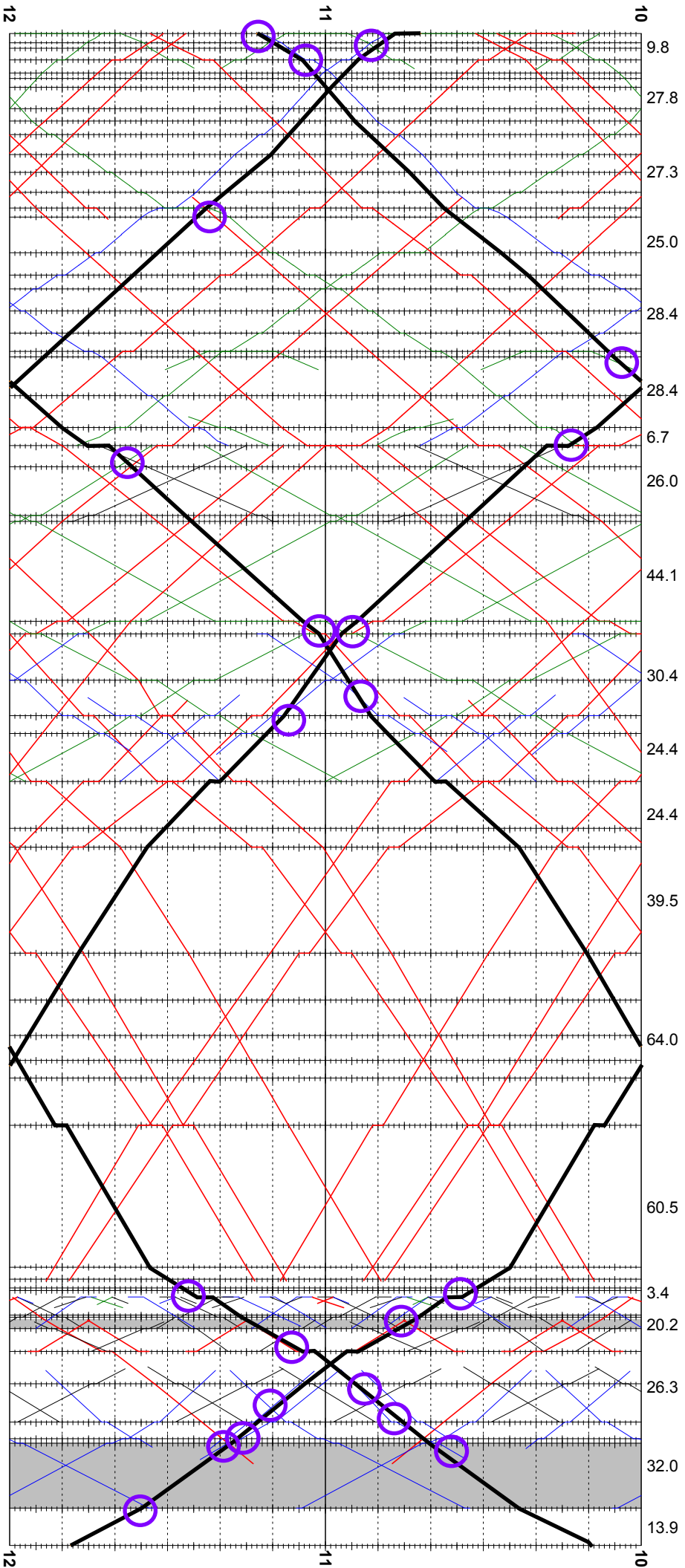
exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

Stuttgart	
0.0	Stg-Bad Cannst
13.2	Esslingen/Neckar
22.9	Plochingen
42.1	Göppingen
61.3	Geislingen (St)
94.0	Ulm Hbf
85.6	Neu-Ulm
61.4	Günzburg
55.9	Neuoffingen
27.8	Dinkelscherben
0.0	Augsburg Hbf
61.9	Augsb-Hochz Hp
45.2	Mering
25.6	Maisach
18.7	Olching
19.1	
7.4	München-Pasing
0.0	Munich



exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

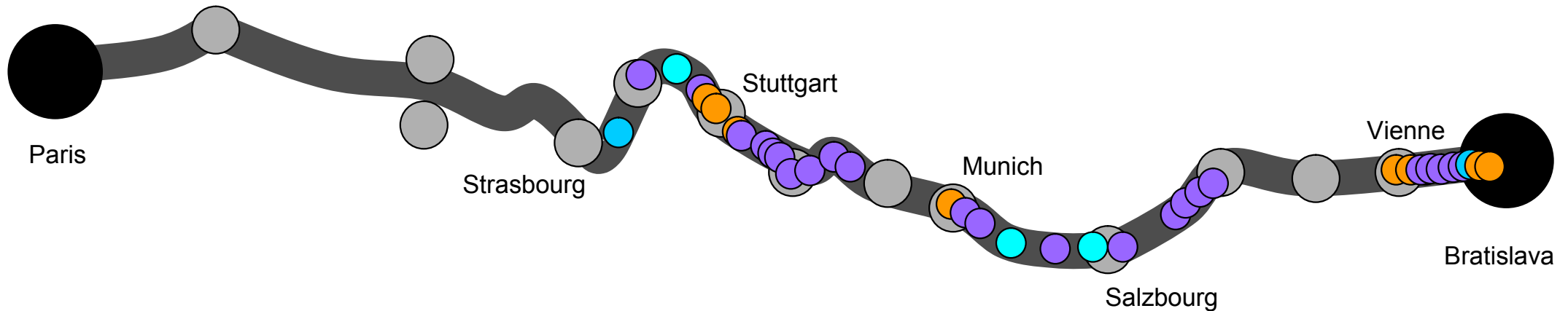
Munich	
0.0	München Ost Pbf
9.8	
37.6	Grafring Bahnhof
64.9	
0.0	Rosenheim
25.0	Prien a Chiemsee
53.3	Traunstein
81.7	Freilassing
88.4	Salzburg
0.0	
26.0	Steindorf-Straßw
44.1	
70.1	Attnang-Puchheim
100.5	Wels Hbf
125.0	Linz Hbf
149.4	St. Valentin
188.8	Amstetten
252.8	St Pölten Hbf
60.5	
Vienne	
17.1	
-0.1	
19.3	Flughafen Wien-Schwechat
0.0	
41.2	Bruck a.d.Leitha
24.1	Bratislava-Petra
38.0	Bratislava



Aperçu des conflits dans le scénario 1

Point initial Paris fixé

-  Bifurcation à niveau
-  Vitesses différentes
-  Capacité de la ligne
-  Capacité du quai



Graphique de la marche des trains Paris – Stuttgart
Graphique de la marche des trains Stuttgart – Munich
Graphique de la marche des trains Munich – Bratislava

Résumé des conflits

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

km
423.0
414.3

Paris
Noisy-le-Sec

113.9 Champag-Ardennes

213.8 Meuse

268.2 Metz NAN

281.3 Lorraine-Louv

299.5 Baudrecourt Racc

406.0 Vendenheim 2
18.7
7.7
13.6

Strasbourg
Kehl

105.5 Baden-Baden
96.4 Rastatt-Sud
82.2 Rastatt

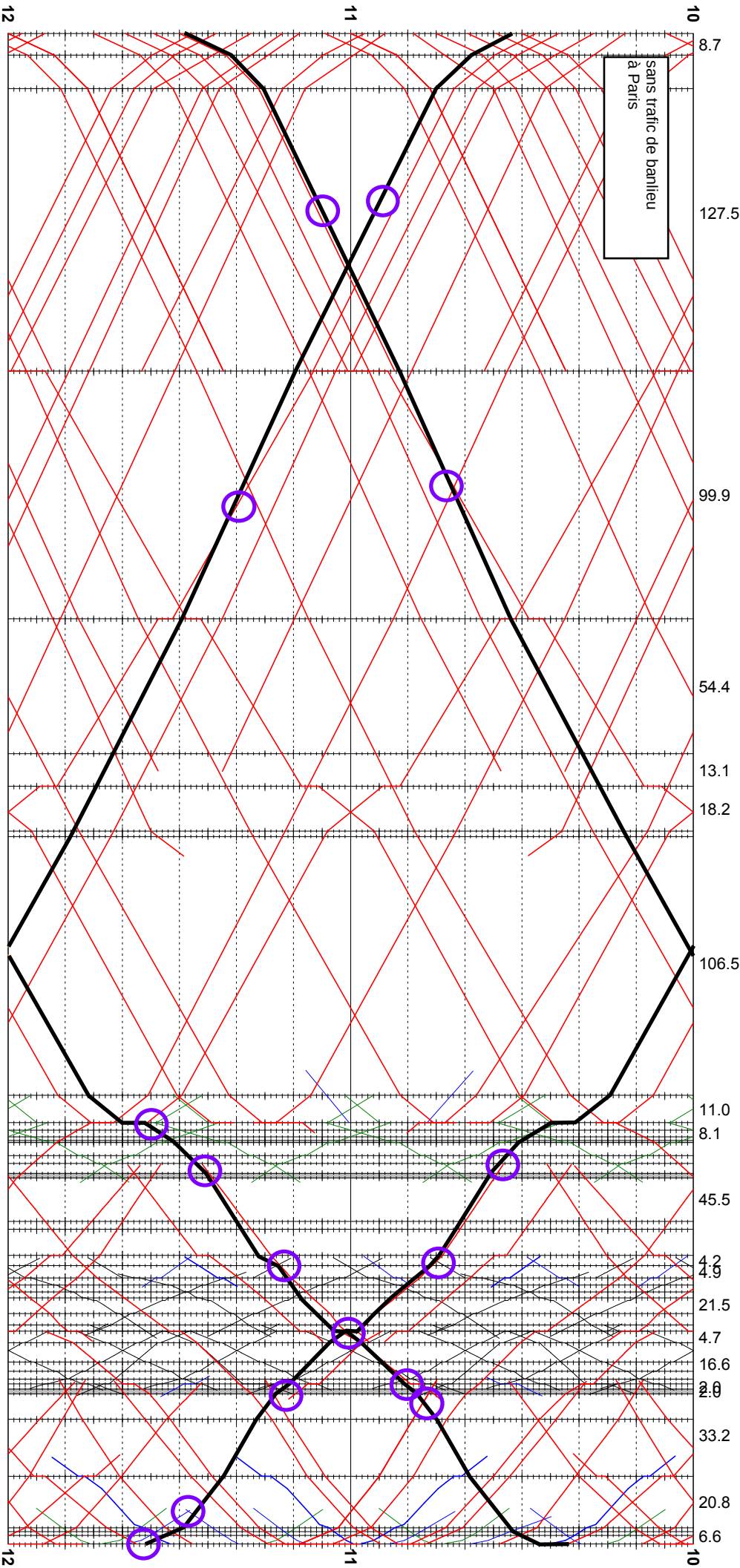
60.7 Karlsruhe Hbf
58.2 Karlsru-Durlach

49.6 Bruchsal Nord
48.3 Rülzberg

78.5 Vaihingen (Enz)

99.3
6.6

Stuttgart



exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

Stuttgart

km
0.0
3.4

Stg-Bad Cannst

13.2 Esslingen/Neckar

22.9 Plochingen

42.1 Göppingen

61.3 Geislingen (St)

94.0
~~85.6~~ Ulm Hbf
Neu-Ulm

61.4 Günzburg

55.9 Neuoffingen

27.8 Dinkelscherben

0.0
61.9 Augsburg Hbf

57.1 Augsb-Hochz Hp

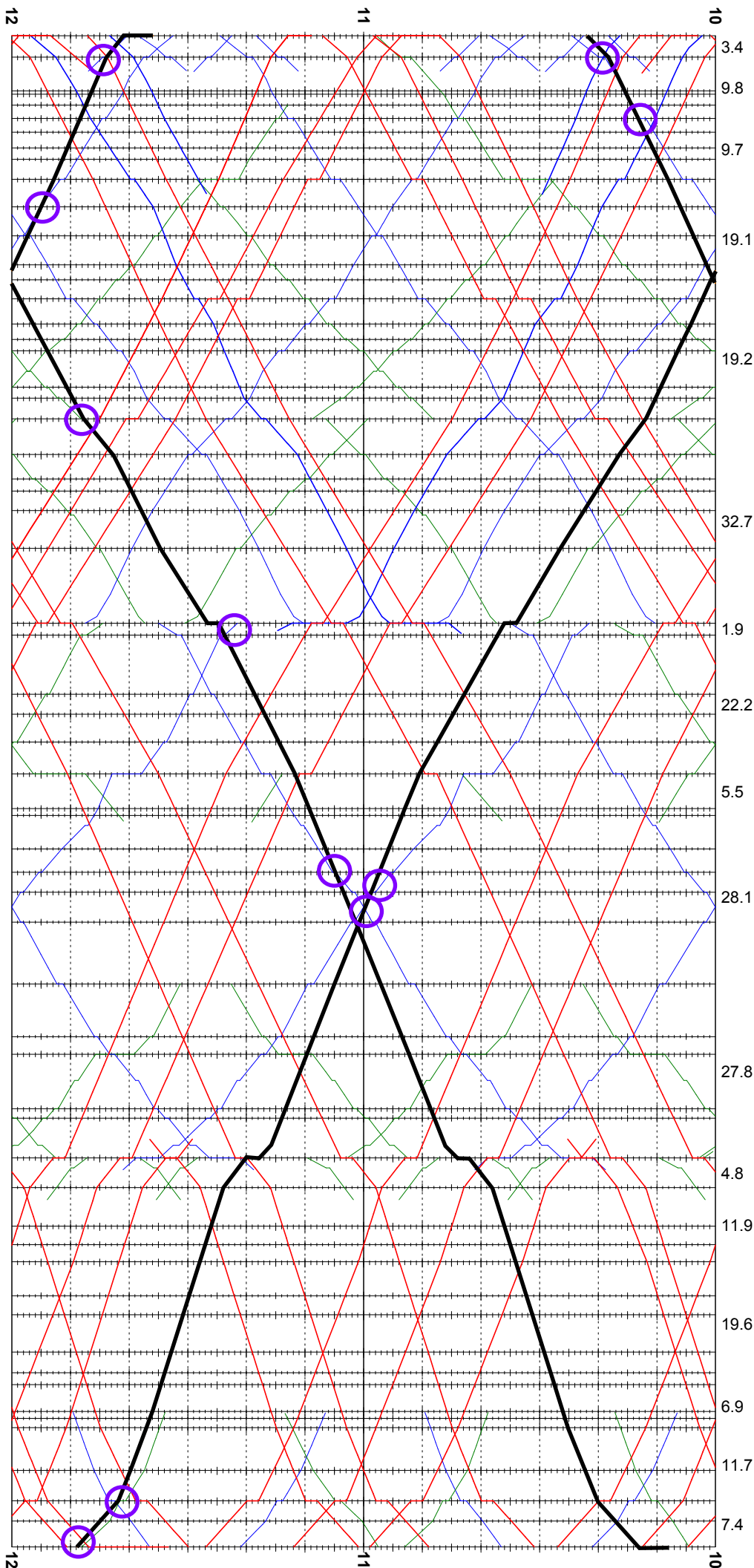
45.2 Mering

25.6 Maisach

18.7
19.1 Olching

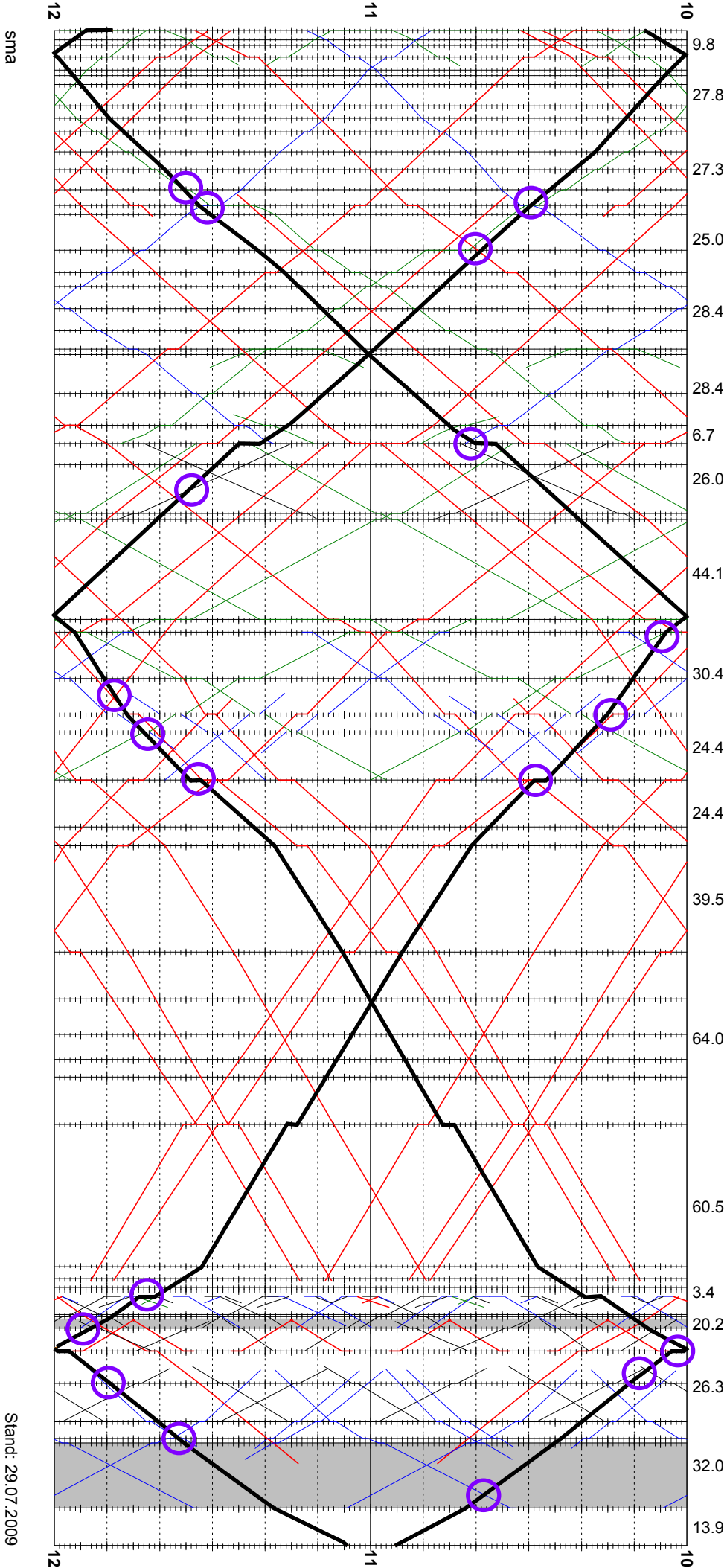
7.4 München-Pasing

Munich



exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

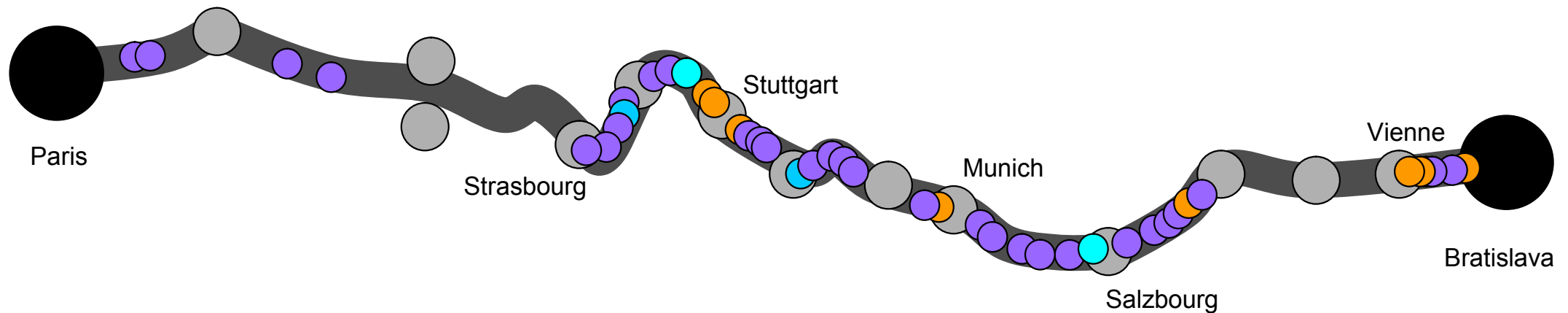
Munich	
0.0	München Ost Pbf
9.8	
37.6	Grafring Bahnhof
64.9	Rosenheim
0.0	
25.0	Prien a Chiemsee
53.3	Traunstein
Salzburg	
81.7	
88.4	
0.0	
26.0	Steindorf-Straßw
44.1	
70.1	Attnang-Puchheim
100.5	Wels Hbf
125.0	Linz Hbf
149.4	St. Valentin
188.8	Amstetten
252.8	St Pölten Hbf
Vienne	
171.1	
-0.1	
19.3	Flughafen Wien-Schwechat
0.0	
41.2	Bruck a.d.Leitha
24.1	Bratislava-Petra
38.0	Bratislava



Aperçu des conflits dans le scénario 1

Point initial Vienne fixé

-  Bifurcation à niveau
-  Vitesses différentes
-  Capacité de la ligne
-  Capacité du quai



Graphique de la marche des trains Paris – Stuttgart
Graphique de la marche des trains Stuttgart – Munich
Graphique de la marche des trains Munich – Bratislava

Résumé des conflits

Paris
Noisy-le-Sec

km
423.0
414.3

113.9 Champag-Ardennes

213.8 Meuse

268.2 Metz NAN

281.3 Lorraine-Louv

299.5 Baudrecourt Rac

406.0 Vendenheim 2
18.7 Strasbourg
7.7
13.6 Kehl

105.5 Baden-Baden
101.3 Rastatt-Sud

87.3 Durmersheim Nord
73.1
60.7 Karlsruhe Hbf
62.9 Karlsru-Durlach

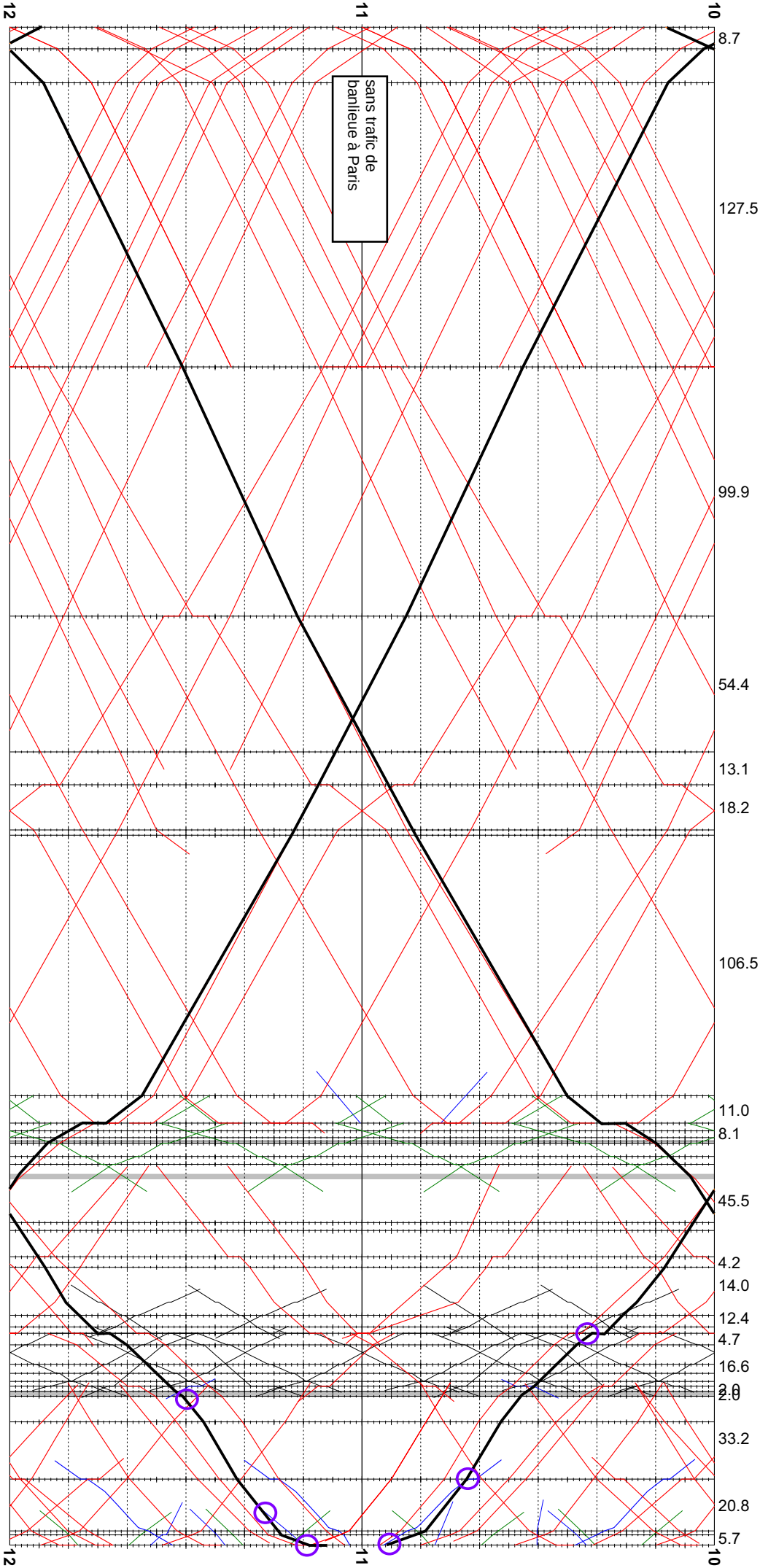
49.6 Bruchsal Nord
45.3 Rellernberg

78.5 Vaihingen (Enz)

99.3
6.6 Stuttgart

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypotheses, ☐
des conflits peuvent subsister

Ébouche d'horaire
Magistrale pour l'Europe, Horizon 2020
Scénario 2, Paris fixe



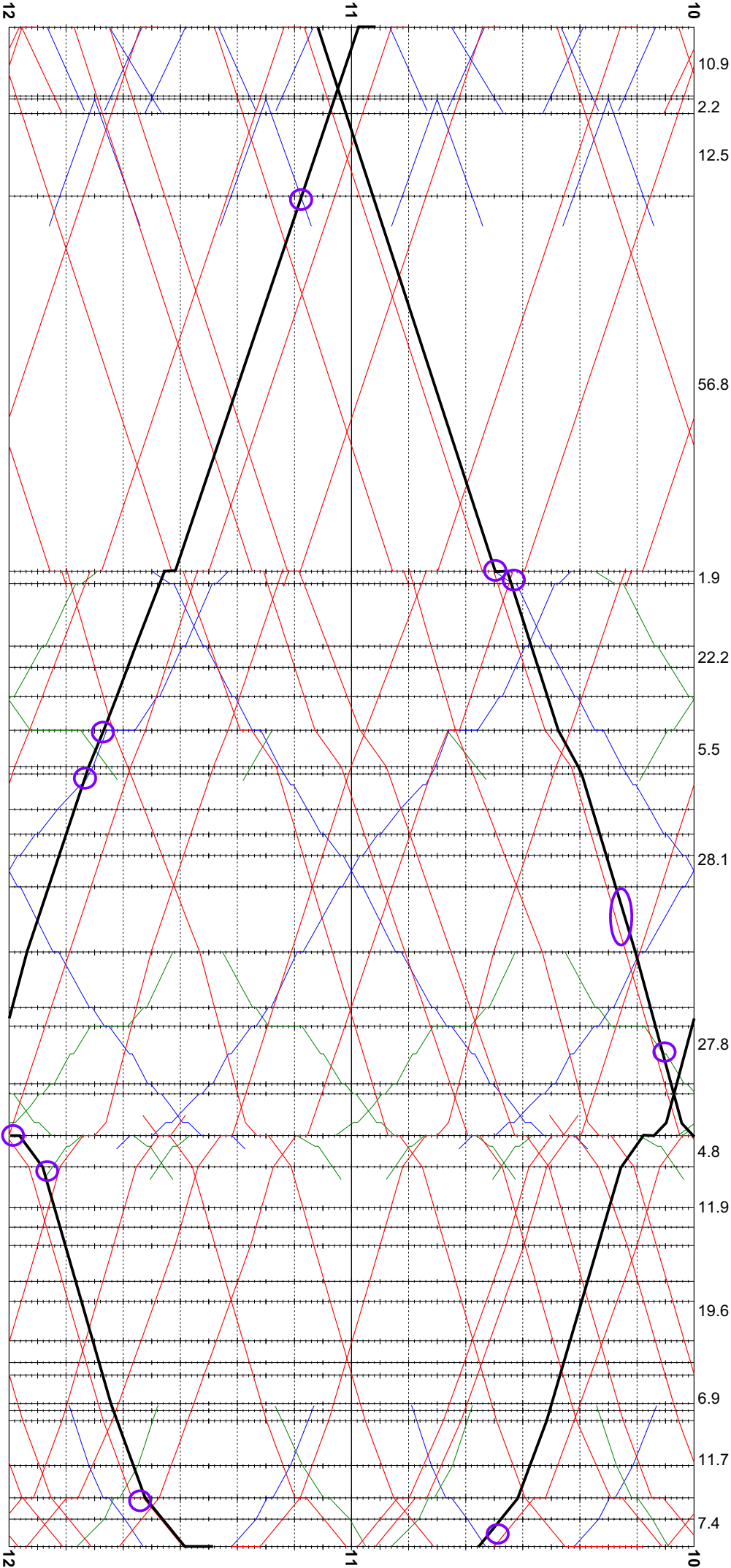
exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypotheses, ☐
des conflits peuvent subsister

Stuttgart

0.0	km
10.9	Abzw Bf Stg-Flughafen
13.1	Abzw Plieningen
25.6	Abzw Neckartal
56.8	
82.4	Ulm Hbf
85.6	Neu-Ulm
22.2	
61.4	Günzburg
55.9	Neuoffingen
28.1	
27.8	Dinkelscherben
27.8	
0.0	Augsburg Hbf
61.9	Augsb-Hochz Hp
57.1	
45.2	Mering
19.6	
25.6	Maisach
18.7	Olching
19.1	
7.4	München-Pasing
0.0	

Vienne

Munich



Munich

München Ost Pbf

Markt Schwaben

Mühldorf/Obb

Salzburg

Steindorf-Straßw

Attnang-Puchhe

Wels Hbf

Linz Hbf

St. Valentin

Amstetten

St Pölten Hbf

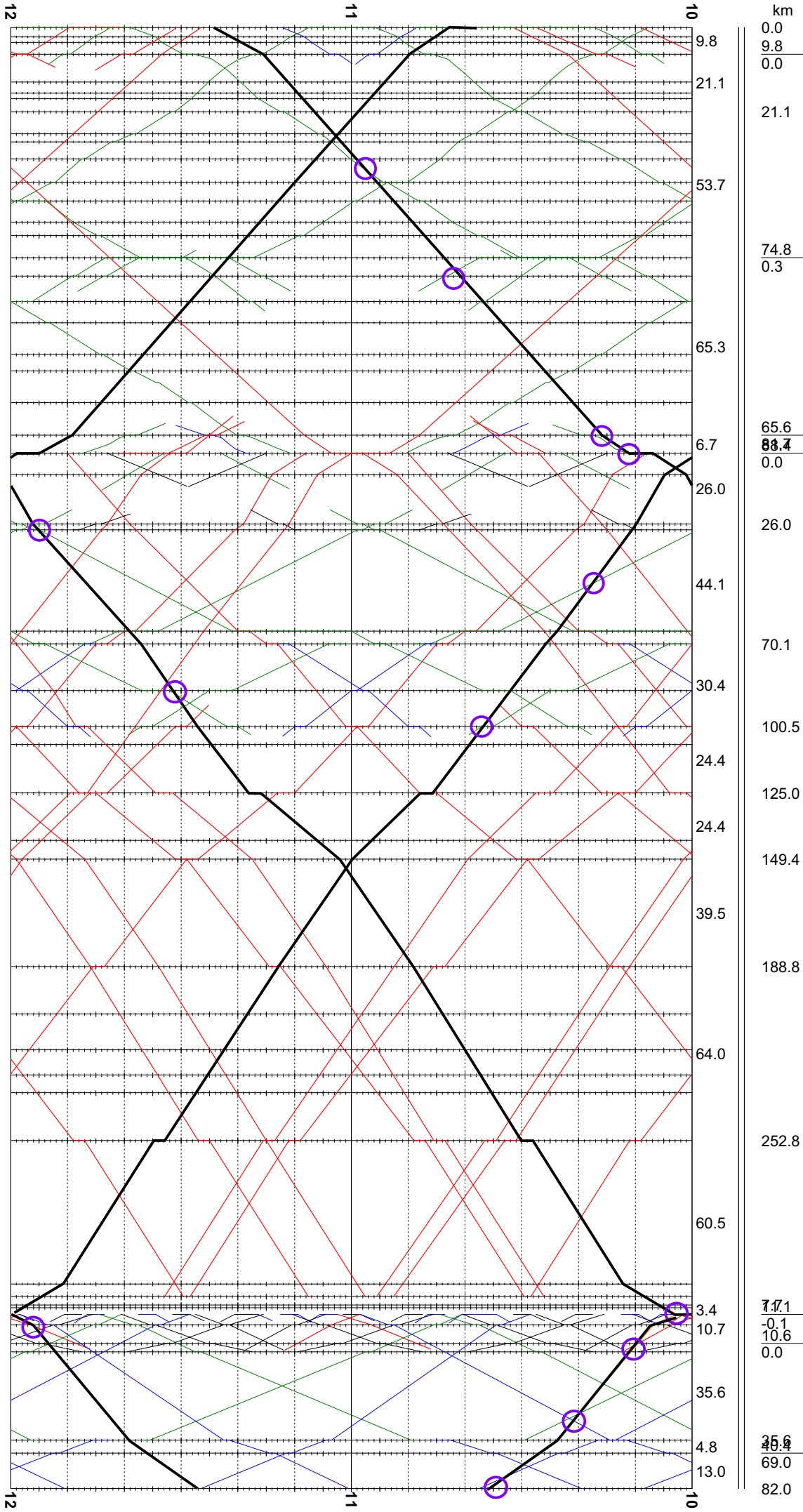
Vienne

Marchegg
Devinska Nova Ves

Bratislava

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses, ☐
des conflits peuvent subsister

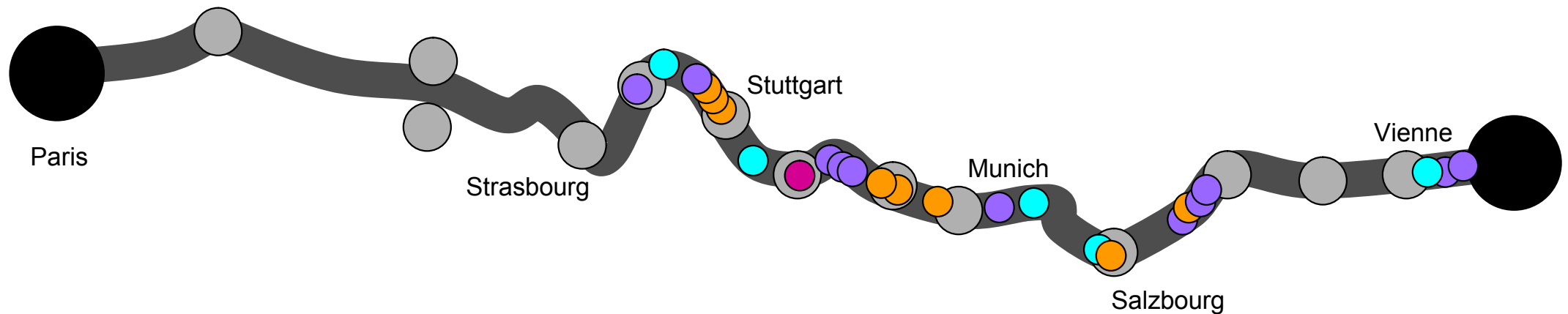
Ébouche d'horaire
Magistrale pour l'Europe, Horizon 2020
Scénario 2, Paris fixe



Aperçu des conflits dans le scénario 2

Point initial Paris fixé

-  Bifurcation à niveau
-  Vitesses différentes
-  Capacité de la ligne
-  Capacité du quai



Graphique de la marche des trains Paris – Stuttgart
Graphique de la marche des trains Stuttgart – Munich
Graphique de la marche des trains Munich – Bratislava

Résumé des conflits

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses,
des conflits peuvent subsister

Paris
Noisy-le-Sec

km
423.0
414.3

113.9 Champag-Ardennes

213.8 Meuse

268.2 Metz NAN

281.3 Lorraine-Louv

299.5 Baudrecourt Racc

406.0 Vendenheim 2
18.7 Strasbourg
7.7
13.6 Kehl

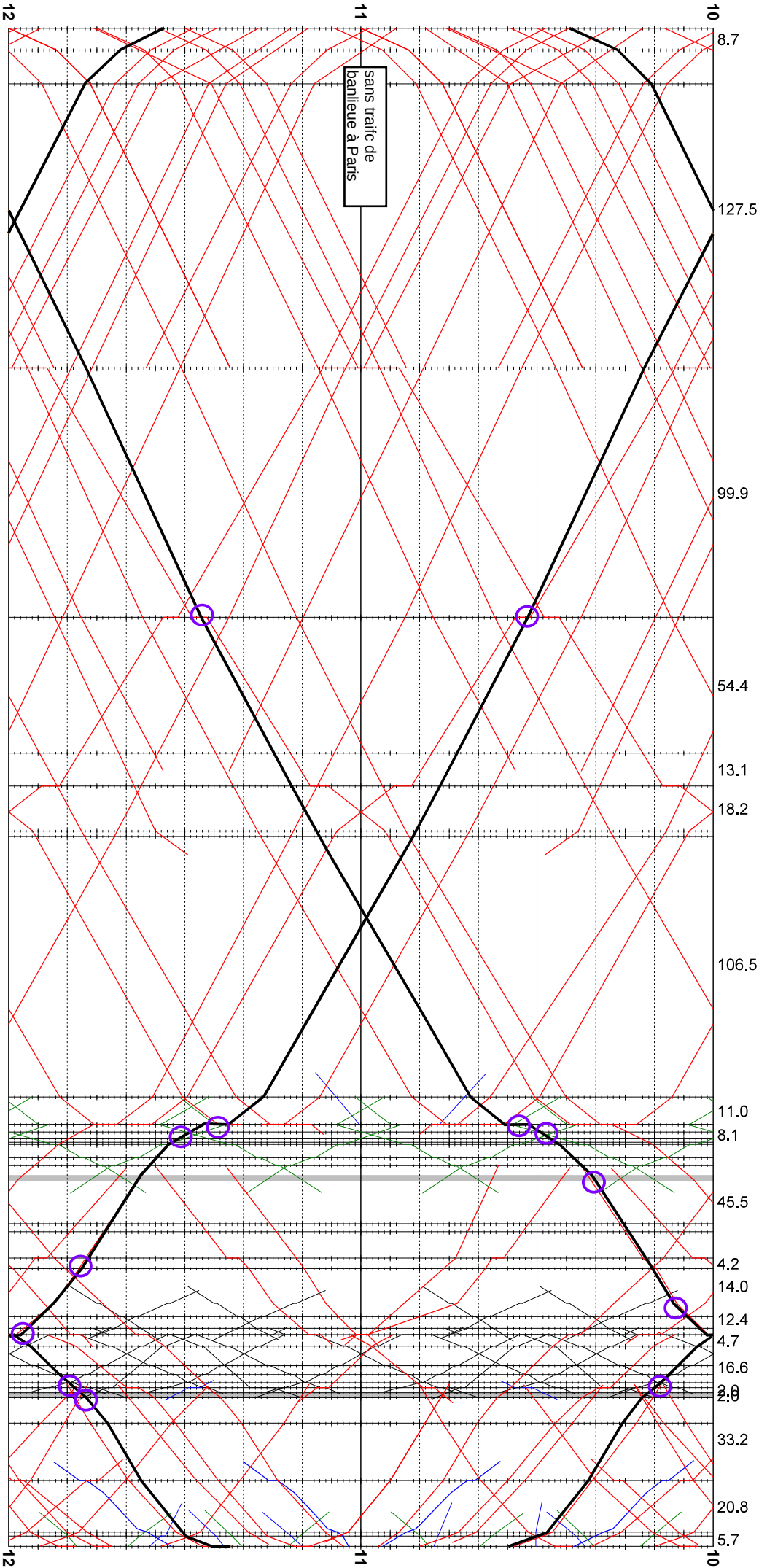
105.5 Baden-Baden
101.3 Rastatt-Süd
87.3
73.1 Durmersheim Nord
60.7
68.9 Karlsruhe Hbf
68.9 Karlsruhe-Durlach

49.6 Bruchsal Nord
49.3 Rellensberg

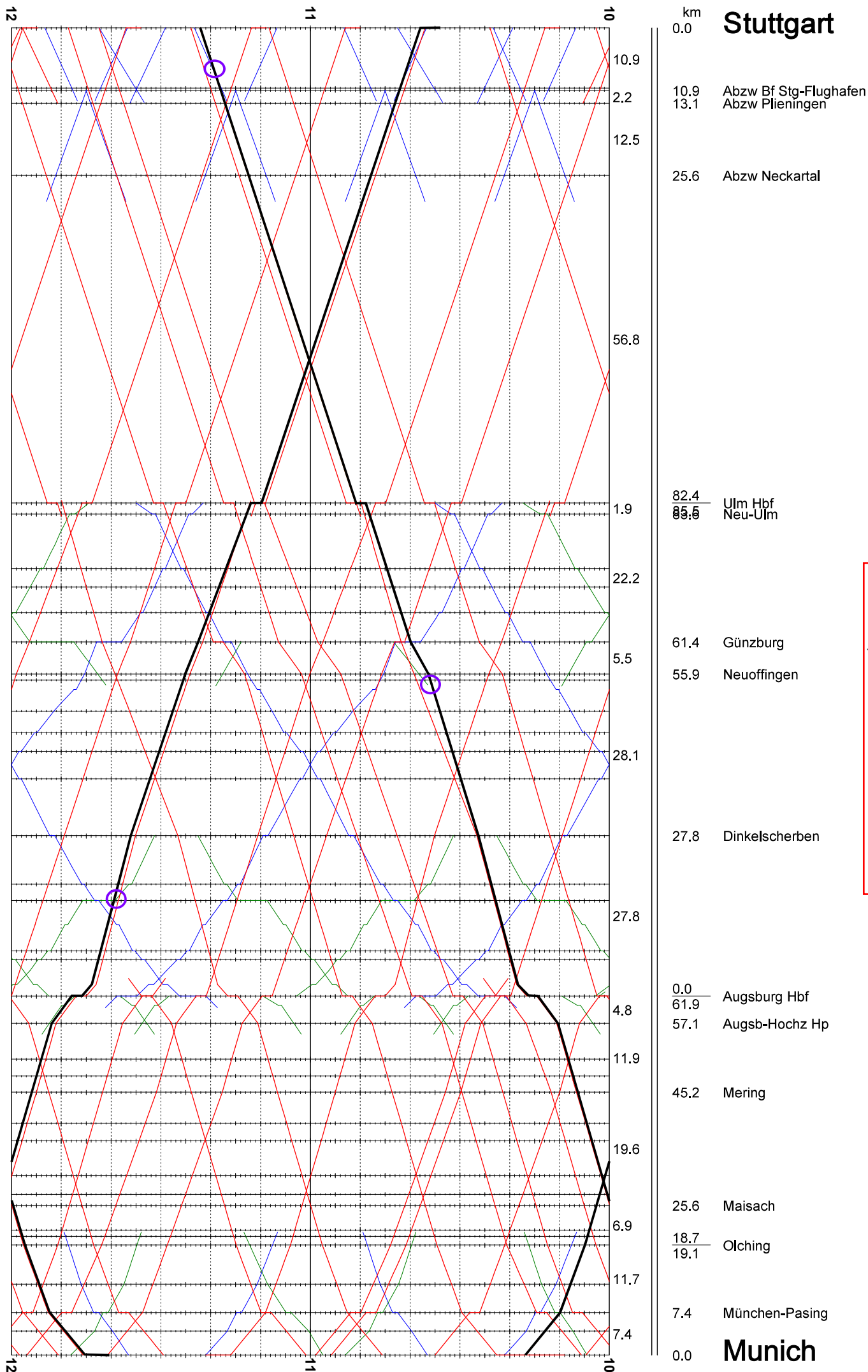
78.5 Vaihingen (Enz)

Stuttgart

99.3
6.6



Munich



Munich

München Ost Pbf

Markt Schwaben

Mühldorf/Obb

Freilassing

Salzburg

Steindorf-Straßw

Attnang-Puchheim

Wels Hbf

Linz Hbf

St. Valentin

Amstetten

St Pölten Hbf

Vienne

Wien Stadlau

Marchegg
Devinska Nova Ves

Bratislava

exemple fictif, ☐
l'horaire graphique se base sur des hypothèses,
des conflits peuvent subsister

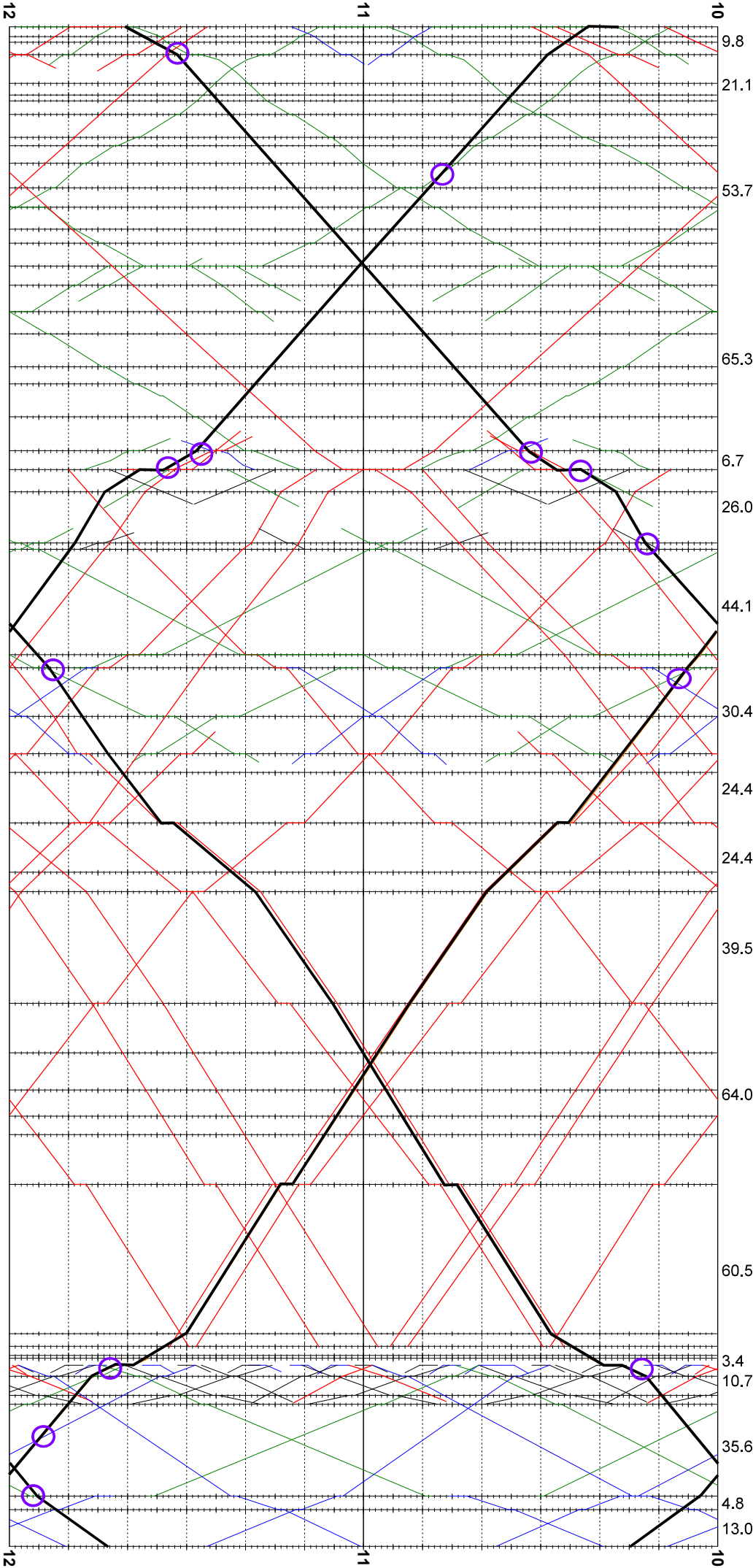
km
0.0
9.8
0.0

74.8
0.3

65.6
88.4
0.0

11.1
10.1
10.6
0.0

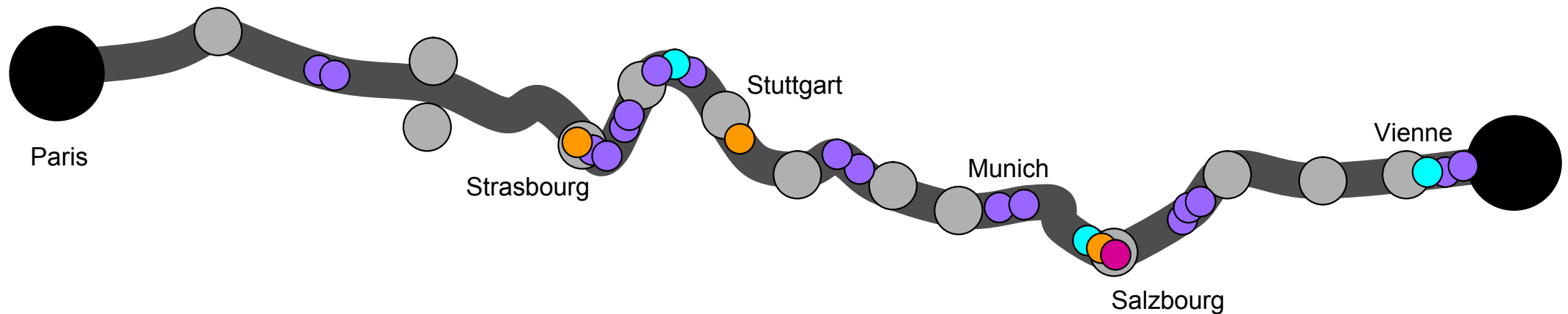
35.6
69.0
82.0



Aperçu des conflits dans le scénario 2

Point initial Vienne fixé

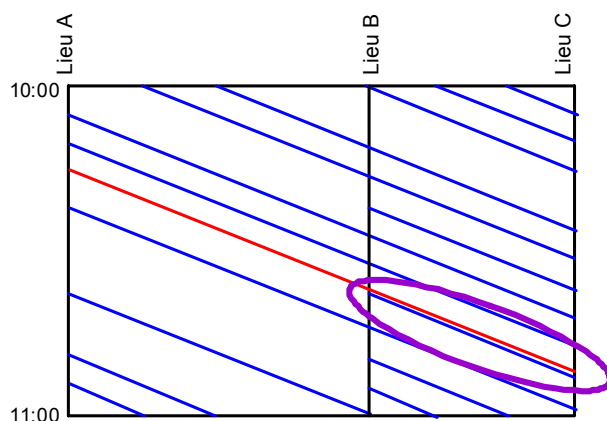
-  Bifurcation à niveau
-  Vitesses différentes
-  Capacité de la ligne
-  Capacité du quai



Nombre de trains à planifier

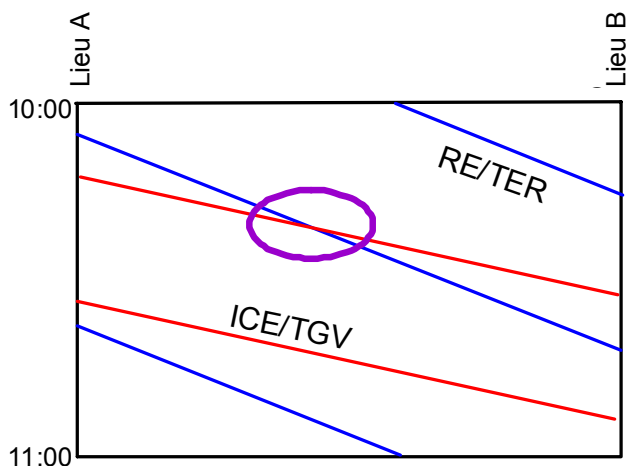
Si le nombre de trains est trop élevé sur une section de ligne, la planification de trains supplémentaires ou la modification de la position d'un train s'avèrent difficiles, voire impossibles.

Dans le graphique, le sillon rouge ne peut plus, dans cette situation, être intégré dans l'horaire, vu que la ligne est déjà occupée par un sillon bleu à partir du lieu B. Dans l'exemple, il n'existe plus qu'une seule fenêtre pour des trains supplémentaires (par ex. 10:05 départ du lieu B en direction du lieu C). Un exemple sur la Magistrale concerne les lignes affluentes extrêmement sollicitées à destination de Paris.



Différences des vitesses moyennes

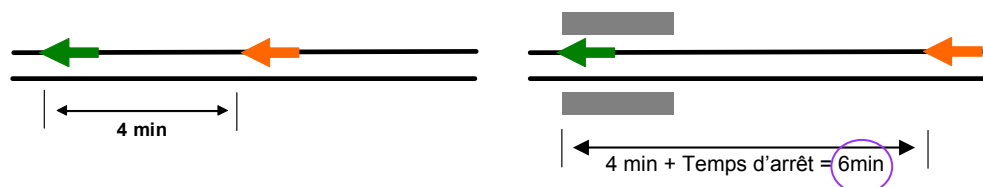
Si les vitesses moyennes et donc les temps de parcours sur des lignes où circulent des catégories différentes de trains (trains de grandes lignes, trains de marchandises, trains régionaux) divergent, un train plus rapide (rouge dans le prochain graphique) va rencontrer un train plus lent le précédant (bleu dans le prochain graphique).



Des exemples actuels sur la Magistrale sont les tronçons Ulm – Augsburg et Strasswalchen – Wels. En raison de nouvelles mesures d'accélération dans ces secteurs (aménagements permettant, pour certains, une vitesse maximale de 200 km/h), la différence entre les vitesses continue d'augmenter et il deviendra plus difficile de faire circuler des trains régionaux sur ce tronçon sans exécuter de dépassements.

Bordures de quais

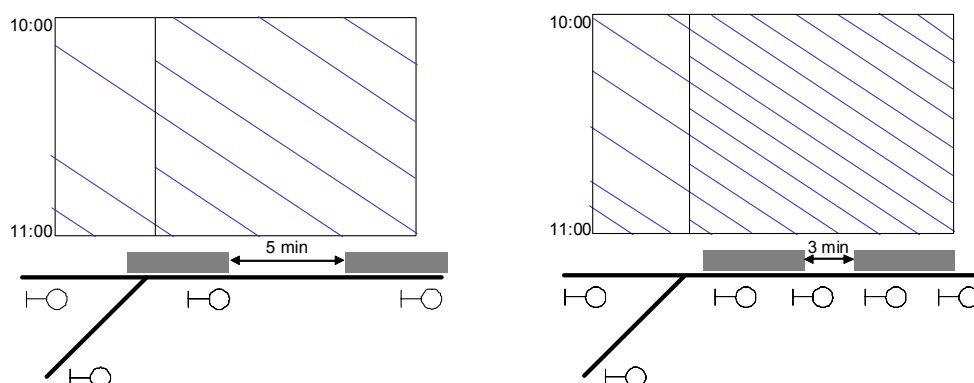
La capacité de la ligne n'est pas le seul aspect à prendre en compte lors de la conception de l'horaire. Les gares doivent aussi absorber cette capacité. Le schéma ci-dessous illustre que les trains peuvent se succéder en ligne avec un intervalle de 4'. Toutefois, si la gare ne dispose que d'un seul quai pour les deux trains, le deuxième train (orange) peut seulement entrer dans la gare lorsque le premier train (vert) l'a quittée. Le temps d'arrêt approximatif doit donc être ajouté à l'intervalle entre les trains. Pour les trains grandes lignes, cela correspond à une réduction de la capacité de la ligne pouvant aller jusqu'à 30%.



Ulm est un exemple de ce type de conflit sur la Magistrale. Seul le quai 1 est accessible pour les trains Est - Ouest. Idéalement chaque voie directe des gares de passage devrait être équipée de deux bordures de quai.

Raccourcissement des cantons de block

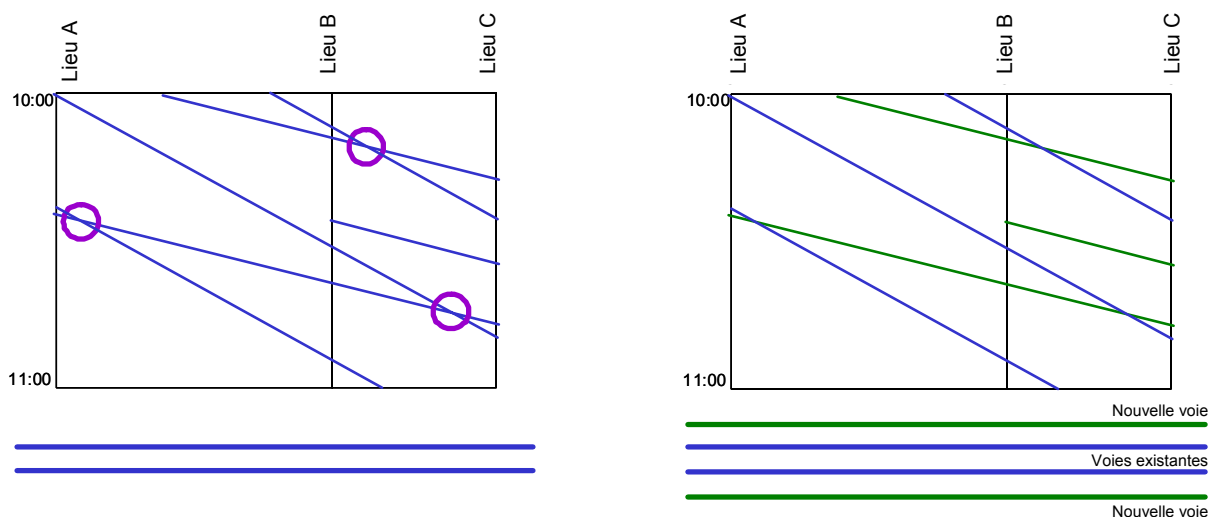
Une possibilité pour augmenter la capacité sans construire de nouvelles voies (cf. schéma ci-dessous), consiste à raccourcir les cantons (« modifier la signalisation au lieu du génie civil »). Cette solution est particulièrement judicieuse pour des tronçons relativement longs sur lesquels des trains circulent à des vitesses proches.



Sur la Magistrale, de tels cas d'application sont utilisés sur les lignes affluentes extrêmement sollicitées en direction des grands nœuds urbains comme Paris, Munich ou Vienne.

Voies supplémentaires

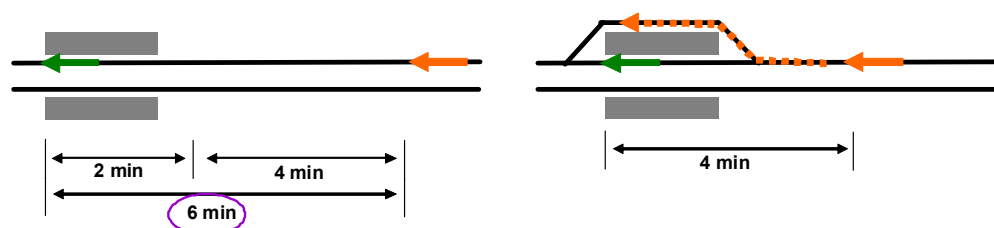
La construction de voies supplémentaires est souvent la seule solution envisageable, en particulier pour les lignes fortement sollicitées sur de grandes distances avec des trains qui circulent à des vitesses très différentes les uns des autres. Les nouvelles voies ne doivent pas obligatoirement être parallèles aux lignes existantes. Cette mesure permet d'augmenter sensiblement la capacité de la ligne existante. Ainsi de nombreux conflits sont évités entre les trains rapides et lents.



Cette solution sera / a été réalisée sur la Magistrale grâce aux lignes nouvelles Paris – Strasbourg ou au tronçon Linz – Vienne.

Augmentation de la capacité des quais

L'augmentation de la capacité au sein des gares peut être réalisée avec la construction de quais supplémentaires. Le temps de succession des trains sur la ligne n'a donc pas besoin d'être réduite pour des questions de capacité dans les gares. Grâce à un groupage plus dense de deux trains se succédant, des correspondances peuvent être établies pour les deux trains tout en réduisant le battement.



En raison de l'environnement des gares parfois contraint, cette mesure ne peut pas partout être réalisée. A Augsbourg, elle a été mise en œuvre pour les quais du trafic grandes lignes.