

ANNEXE 4.1

RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE DE TRACÉ DES SILLONS

La construction de l'horaire de service, et plus généralement des graphiques de circulation, s'effectue selon les principes d'un référentiel technique, unique et communiqué à tous les demandeurs de sillons (ci-après dénommés : « demandeurs »).

Ce référentiel, qui fixe les principes de tracé et les bases référentielles (points 1 et 2 ci-dessous), se compose de données techniques génériques, déclinant la stratégie de SNCF Réseau pour le réseau, et de données spécifiques relatives aux différentes lignes et gares, l'ensemble permettant, au regard des demandes présentées, de tracer les sillons dans le graphique de circulation (point 3 à 7).

SIGLES UTILISES DANS CE DOCUMENT :

GI	: gestionnaire d'infrastructure
IPCS	: installation permanente de contresens
LC	: ligne classique
LGV	: ligne à grande vitesse
LTV	: limitation temporaire de vitesse
GOV	: graphique d'occupation des voies
PC	: point de conflit
PGF	: programme général des fenêtres
PK	: point kilométrique
PR	: point remarquable de référence (bifurcation isolée, bâtiment voyageur, ...)
SI	: système d'information
THOR	: tracé des horaires (SI permettant de tracer les sillons)

SOMMAIRE

1.	PRINCIPES ET NORMES DE TRACE	3
2.	BASES REFERENTIELLES	3
2.1	Paramètres de tracé relatif à l'infrastructure	3
2.2	Paramètres de tracé relatif aux convois	3
2.3	Normes de tracé	4
3.	TEMPS DE TRAJET D'UN SILLON	7
3.1.	Marche de base	7
3.2.	Marges de régularité.....	7
3.3.	Minutes supplémentaires.....	7
3.4.	Temps de stationnement	8
3.5.	Autres temps supplémentaires (de construction).....	8
4.	DECOUPAGE DU RESEAU EN SEGMENTS	8
5.	VALEURS DE LA MARGE DE REGULARITE	8
5.1.	Valeur de la marge de régularité sur LC / LGV	8
5.2.	Cas dérogatoires de marge ≤ 3 min/100 km	9
6.	REPARTITION DE LA MARGE DE REGULARITE.....	9
6.1.	Répartition de la marge hors périodes de travaux	9
6.2.	Répartition de la marge en période de travaux	9
6.3.	Tracé des variantes horaires pour motifs techniques.....	10
7.	MONTAGE DU GRAPHIQUE.....	11
7.1.	Compatibilité entre sillons.....	11
7.2.	Interactions lignes / gares.....	11
7.3.	Limitations relatives au remplissage	11

1. PRINCIPES ET NORMES DE TRACE

La politique de SNCF Réseau est de maximiser l'efficacité du réseau, et donc d'y promouvoir la mise en place d'une offre maximale de sillons performants et stables dans la durée.

Cette optimisation dépend de la capacité et de l'homogénéité des installations fixes, mais aussi de la précision et de la ponctualité de production des demandeurs, ainsi que des services en charge de la maintenance, des travaux et de la gestion des circulations, en ligne et dans les gares.

Le graphique doit présenter une stabilité aux petits aléas isolés de l'exploitation courante, mais suppose une production industrielle maîtrisée de la part des demandeurs.

Il doit également présenter un minimum de variantes calendaires afin de préserver la lisibilité de l'offre clients, la stabilité des effets réseau et la robustesse aux aléas des chantiers de travaux.

La précision de la conception du montage des sillons doit être adaptée à la précision de la circulation et à l'éventail des convois réels par rapport à un convoi type.

Il n'est pas prévu, sauf cas particulier (système banlieue présentant une précision horaire élevée,...) d'horaires théoriques présentant une précision supérieure à la demi-minute.

En outre, il n'est pas établi de variantes horaires différentes en réponse aux demandes horaires différant entre elles de moins de 3 minutes, ni accepté de demande ultérieure d'ajustement pour des écarts demandés ou résultants de moins de 3 minutes. Il n'est établi qu'exceptionnellement des horaires spécifiques pour les conséquences de travaux ou limitations de vitesse temporaires, lorsque celles-ci sont inférieures à 3 minutes.

2. BASES REFERENTIELLES

2.1 Paramètres de tracé relatif à l'infrastructure

Une sélection forfaitaire de paramètres de lignes sert de base aux calculs de tracés :

- le profil en long, le cas échéant corrigé des courbes ;
- la vitesse limite, telle que définie par les Renseignements Techniques ;
- le code de performance résultant de la puissance électrique disponible pour la traction et du niveau de perturbations électro magnétiques admis ;
- la spécificité à prendre en compte pour les raccordements d'automoteurs en gare en cours de trajet.

Cette infrastructure de calcul est communicable aux demandeurs.

2.2 Paramètres de tracé relatif aux convois

Deux listes de courbes sont utilisables pour effectuer les tracés :

- des courbes motrices (effort x vitesse) génériques sur une gamme échelonnée de performances couvrant le champ des différents engins de traction susceptibles de circuler sur le réseau ;
- des courbes (effort résistant x vitesse) représentatives des différentes typologies de convois pour les trains remorqués par une locomotive.

La liste de ces courbes motrices et résistantes constitue la gamme de conditions de tracé revendicables par un demandeur de sillons, associées le cas échéant à un tonnage remorqué.

Le calcul de la marche de base du tracé de chaque sillon est effectué par utilisation de la courbe motrice ou du triplet (courbe motrice, courbe résistante, tonnage). Le demandeur doit obligatoirement renseigner le matériel roulant de référence retenu pour sa commande de sillons.

Il est de la responsabilité des demandeurs de ne mettre en circulation, pour un sillon donné, que des trains capables de tenir en tout point de jalonnement l'horaire du sillon alloué, sans risque de rupture d'attelage ou de dégradation de la voie par patinage.

2.3 Normes de tracé

Les normes de tracé sont établies par SNCF Réseau au vu de la politique définie au point 1.

Leur publication ne fait pas obstacle à la réalisation d'un calcul spécifique si une situation particulière le justifie.

Les normes de séparation minimales ci-dessous sont applicables si aucune restriction locale différente n'est définie.

L'intervalle minimum entre tracés sécants est de 1 minute.

Sur les lignes exploitées sous le régime de la voie unique :

- en cas de croisement **avec** arrêt : au moins 1 minute doit séparer les deux départs ;
- en cas de croisement **sans** arrêt : arrivée du 1er train au moins 5 minutes avant passage du train croiseur sans arrêt, départ au moins 1 minute après son passage.

Au-delà (ou exceptionnellement en deçà) de ces planchers, les intervalles minimaux de séparation entre sillons sont décrits section de ligne par section de ligne, et le cas échéant gare par gare, par les normes suivantes :

- normes de tracé horaire sur lignes nationales ;
- normes de tracé horaire sur lignes régionales ;
- normes de tracé horaire en gare ou, pour les gares en disposant, dans le document spécifique « Normes d'utilisation de l'infrastructure – Recueil d'exploitation de la gare de ... » ;
- normes de tracé horaire des sections équipées d'IPCS à conditions de tracé particulières.

Ces normes sont mises disposition sur le site internet de SNCF Réseau <http://www.sncf-reseau.fr/fr/les-documents-techniques-et-referentiels> .

Les valeurs sont mises à jour en tenant compte des constatations du retour d'expérience, des évolutions de l'infrastructure, de l'environnement, et en règle générale de tout ce qui a une incidence sur les valeurs calculées.

Les calculs conduisant à leur détermination intègrent, pour la signalisation latérale, au-delà du temps technique nécessaire, une marge minimum de voie libre du signal contraignant (χ de 35 secondes, en général)

Les valeurs calculées sont arrondies avec une précision cohérente en fonction de la fiabilité de circulation des trains dans la zone (en général 30 secondes ou une minute).

Le référentiel conditionne - par la définition des normes de tracé - le niveau des exigences de fiabilité d'une zone ; il ne peut en tout état de cause diverger des pratiques constatées au graphique annuel, sauf entre la publication d'une modification, et la publication effective de l'horaire de service annuel suivant la date de cette publication.

Des règles complémentaires de taux de remplissage, mesurées sur une heure glissante, peuvent être définies en complément de ces valeurs unitaires pour faciliter l'application de la règle de robustesse du graphique définie au point 7.3 (nombre horaire maximal de sillons ou de passages en un point critique donné)

A) Espacement entre sillons de même sens

Il est défini de manière systématique pour les tracés dans le sens normal. Il est également défini pour le sens inverse lorsque celui-ci est utilisé pour les tracés de l'horaire de service annuel, étant rappelé qu'aucune restriction de principe n'est apportée à l'utilisation de la banalisation ou des IPCS pour les tracés.

Un tableau du type ci-dessous décrit les normes d'espacement à respecter :

Vitesse sillon	Parcours	Voie 1	Voie 2
≥140	A / B	temps mini	temps mini
120			
100			
...			

Les normes d'espacement à respecter entre itinéraires divergents ou convergents font l'objet d'un tableau analogue si les valeurs minimales sont différentes des valeurs ci-dessus.

En conformité avec ce qui est indiqué plus haut (voir début du 2.3), l'horariste peut être amené à adapter les temps minimum inscrits dans ces normes en BAPR (block automatique à permissivité restreinte) et BM (block manuel) pour tenir compte de la longueur effective des cantons, à condition que cette adaptation soit justifiée par un calcul.

B) Intervalles minimaux entre tracés incompatibles de sens contraires

Les PR correspondent à des points de jalonnement repris dans les documents horaires.

Un intervalle standard, applicable aux couples de trains présentant la même configuration, est déterminé pour référencer les tracés usités aux bifurcations et en entrée sortie de gare.

Cet intervalle est déterminé au PR au droit duquel sont traités les conflits horaires, ou tracés les GOV.

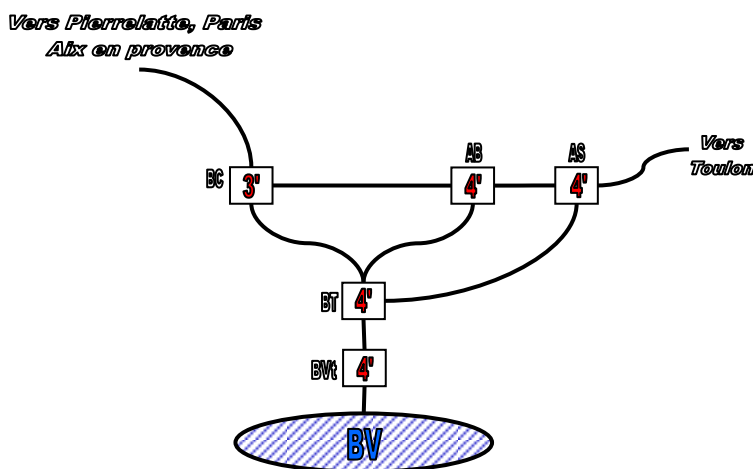
Si aucun PR n'identifie ce PC, il est nécessaire de définir la zone présentant une incompatibilité de tracé. Elle commence au carré de protection et se termine au point de libération permettant la formation d'un itinéraire incompatible. En l'absence de PR dans le SI, le PC est défini par un PK (cf. schéma de gare).

Pour deux trains successifs T1 et T2 se succédant dans cet ordre en tracé sécant :

- si le point de jalonnement est contenu dans la zone de conflit, l'intervalle à calculer est la somme des trois temps élémentaires suivants :
 - le temps **t1**, nécessaire à T1 pour dégager, depuis le PR définissant la zone de conflit, le point de libération permettant la formation de l'itinéraire pour T2 ;
 - le temps **te**, d'établissement d'itinéraire pour T2 (10 à 25 secondes) ;
 - le temps **t2**, nécessaire au train T2 pour circuler depuis le signal contraignant majoré du temps de marge de voie libre (χ) jusqu'au point de jalonnement.
- si le point de jalonnement retenu est décalé par rapport à la zone de conflit (bâtiment voyageur par exemple), cet intervalle est le temps ci-dessus :
 - minoré des temps nécessaires à T1 et T2 pour circuler entre le point de conflit et le point de jalonnement, si ce dernier point est en aval pour T1 ;
 - ou majoré des temps nécessaires à T1 et T2 pour circuler entre le point de jalonnement et le point de conflit, si ce dernier point est en aval pour T1.

Pour les gares, les intervalles minimaux calculés sont décrits :

- soit dans un schéma modélisant la gare avec ses zones ou points de jalonnement prédéfinis



- soit dans un tableau du type ci-dessous :

GARE / PR	1 ^{er} train / Particularités	Valeur minimale	2 ^{ème} train
X1			
X2			
X3			
...			
Xn			

Ces informations figurent dans le document « Normes d'infrastructure – Recueil d'exploitation de la gare de XXX » s'il existe, sinon dans le document « Normes de tracé horaire en gare ».

C) Conditions particulières techniques ou de tracé n'ayant qu'une portée locale

Il existe des prescriptions diverses en ligne, par exemple :

- nombre maximal de sillons par heure pour un sens et en un point donnés ;
- débit à prendre en compte en cas de LTV ;
- temps de parcours forfaitaire entre A et B : x min ;
- plafonnement de la vitesse de tracé à 200 km/h entre 23h00 et 6h00.

CAS DES GARES DE VOYAGEURS

Le document : « Normes d'infrastructure- Recueil d'exploitation de la gare de XXX », pour les gares en disposant, décrit notamment :

- la description du complexe ferroviaire (chantiers, voies de quai, itinéraires) ;
- le fonctionnement des tubes d'exploitation ;
- les règles d'utilisation des chantiers ;
- les itinéraires autorisés et préconisés pour effectuer les mouvements techniques ;

- les temps opératoires minimaux, robustes, maximaux définis par SNCF Réseau pour les rebroussements, les coupe-accroches, l'écoulement des flux, etc. L'opérateur a la possibilité de transmettre dans un document distinct ses temps opératoires souhaités.

Le plan de transport proposé par le demandeur doit prendre en compte les principes d'exploitation décrits dans ce document quand il existe. En cas de non-respect de ces principes d'exploitation, SNCF Réseau peut proposer des remises en conformité ou refuser les demandes non conformes.

En l'absence d'un document « Normes d'infrastructure - Recueil d'exploitation de la gare de XXX », si les temps de stationnements demandés sont supérieurs à 20 minutes et sauf existence d'un accord-cadre spécifiant une autre valeur, ils sont susceptibles d'être refusés par SNCF Réseau quand la demande impacte la robustesse d'exploitation du site ou oblige à refuser un autre sillon.

3. TEMPS DE TRAJET D'UN SILLON

Le temps de trajet d'un sillon est la somme des temps élémentaires :

- de la marche de base,
- de la marge de régularité,
- de la marge supplémentaire travaux (éventuellement),
- des temps de stationnement revendiqués,
- des temps supplémentaires nécessaires au montage du graphique (arrêts circulation, allongements de stationnement, et domestications).

3.1. **Marche de base**

La marche de base représente la marche la plus tendue normalement réalisable. Elle est le résultat du calcul du convoi (caractéristiques motrices et résistances à l'avancement) revendiqué par le demandeur sur l'infrastructure de calcul.

La gestion d'éventuelles équivalences est du ressort exclusif du demandeur.

La marche de base est fonction :

- de l'engin moteur,
- de la masse remorquée,
- du type de matériel remorqué,
- des caractéristiques de la ligne parcourue (profil, vitesses limites, équipement électrique, restrictions de traction...),
- des temps nécessaires aux démarrages et freinages lors des arrêts normaux.

3.2. **Marges de régularité**

La marge de régularité est un temps supplémentaire, composé de :

- La **Marge-A** (pour aléas d'exploitation), destinée à faire face à l'imprécision de la mesure de la vitesse, à pallier les surcharges autorisées et les conséquences des incidents tels que signaux fermés, dépassement occasionnel de la durée normale de stationnement, limitation de vitesse pour cause accidentelle,...
- La **Marge-T**, destinée à compenser des pertes de temps résultant de limitations temporaires de vitesse pour travaux (programmées ou inopinées), de l'utilisation ponctuelle de pas d'IPCS pour la maintenance, ou de limitations de vitesse liées à l'infrastructure (lorsqu'elles ne sont pas incluses dans la marche de base).

3.3. **Minutes supplémentaires**

Lorsqu'en application des principes de tracé des sillons la marge-T ne permet pas de compenser les pertes de temps prévues, SNCF Réseau peut allouer une marge supplémentaire travaux (dite aussi marge-V). Cette marge-V peut être allouée :

- sur toute la durée du service (minutes supplémentaires annuelles, pouvant être incluses dès la construction de la trame horaire systématique),
- et/ou sur une partie du service (minutes supplémentaires temporaires).

Ces minutes supplémentaires font l'objet d'un « tableau des minutes supplémentaires », récapitulatif élaboré avant la période de construction du service horaire annuel, puis tenu à jour.

3.4. Temps de stationnement

Les temps de stationnement sont revendiqués par le demandeur (arrêts commerciaux et arrêts de service) et attribués par SNCF Réseau en tenant compte des contraintes d'exploitation.

3.5. Autres temps supplémentaires (de construction)

SNCF Réseau peut inclure d'autres temps supplémentaires engendrés par les contraintes dues au seul montage du graphique : arrêts [C], allongement des arrêts, détente(s) supplémentaire(s) dues à l'insertion du sillon dans le trafic (domestication), itinéraire dévié pour assurer le bon fonctionnement des circuits de voie.

4. DECOUPAGE DU RESEAU EN SEGMENTS LTV

La construction d'un horaire conduit sur les axes structurants du réseau à distinguer certains points où il apparaît stratégique que les sillons respectent leur horaire, afin de ne pas perturber les autres sillons et les correspondances, et donc la construction du système global. Ces points sont des nœuds géographiques importants, ou des gares émettrices de fort trafic.

Le maillage des axes structurants entre ces points stratégiques définit des segments, dits segments LTV, sur lesquels est affectée la marge-T.

SNCF Réseau établit et tient à jour, pour chaque service annuel :

- le tableau listant les segments-LTV (et valeur des Marge-T associées),
- une carte des segments-LTV, reprenant les marge-T associées.

5. VALEURS DE LA MARGE DE REGULARITE

5.1. Valeur de la marge de régularité sur LC / LGV

La marge de régularité normale est de 4,5 min/100 km sur les trajets lignes classiques, et de 5% de la marche de base sur les trajets LGV, sauf cas particuliers décrits au référentiel de ligne.

La marge de régularité est décomposée comme suit :

- Sur ligne classique (LC), les taux sont :
 - Marge-A : 2 min /100 km,
 - Marge-T : 2,5 min /100 km.
- Sur LGV, la marge de régularité est de base affectée à la marge-A. Toutefois :
 - Dans le cas de travaux permettant une vitesse limite supérieure ou égale à 220 km/h : SNCF Réseau se réserve la possibilité d'utiliser la moitié de la marge du segment pour compenser la perte de temps travaux, sans dépasser 1 minute 30.
 - Dans le cas de travaux induisant une vitesse limite inférieure à 220 km/h :
 - Si la période des travaux est supérieure ou égale à 26 semaines : une trame complémentaire adaptée aux travaux est normalement produite,
 - Si la période des travaux est comprise entre 1 semaine et 26 semaines (en cumulé) : recherche de variantes industrialisées, applicables dans la mesure du possible à plusieurs périodes travaux,

- Si la période des travaux est inférieure à 1 semaine : SNCF Réseau se réserve la possibilité de réutiliser une variante déjà existante, en concertation avec les demandeurs concernés.

5.2. Cas dérogatoires de marge ≤ 3 min/100 km

Pour certains sillons voyageurs, à titre dérogatoire et sur demande expresse du demandeur, et après accord de SNCF Réseau, la marge sur ligne classique peut exceptionnellement être réduite à un taux inférieur ou égal à 3 min/100 km.

La répartition des marges A et T sera alors la suivante :

- Pour les taux de marge égaux à 3 min/100 km : Marge-A = 0,5 min/100 km, et Marge-T = 2,5 min /100 km,
- Pour les taux de marge strictement inférieurs à 3 min/100 km, la répartition entre marge-A et marge-T sera discutée avec le demandeur.

Lorsqu'un demandeur souhaite un changement du taux de marge, la demande doit être effectuée :

- lors de la remise des expressions de besoin (EdB) « trame » (au cours de l'année A-3, A étant l'année du service) pour un sillon s'inscrivant dans une trame horaire,
- lors de la remise de l'EdB 24h (au cours de l'année A-2) pour un sillon traité hors trame (besoin ponctuel sur 24 h).

Par ailleurs, des marges particulières sont également appliquées sur le réseau Ile de France.

6. REPARTITION DE LA MARGE DE REGULARITE

La marge de régularité est répartie avec le souci de favoriser la meilleure régularité des circulations et le meilleur respect global des grilles horaires. Une partie de la marge pourra à cette fin être concentrée à l'approche de certains points singuliers du parcours du train.

Sur ligne à grande vitesse, la répartition de la marge de régularité, entre deux points de jalonnement, est de ce fait autorisée autour de la valeur moyenne de 5%.

Sur ligne classique, la répartition de la marge est décrite dans les points suivants.

6.1. Répartition de la marge hors périodes de travaux

Répartition de la marge

Une part plus importante de la marge-T pourra être positionnée en fin de segment LTV, pour absorber l'impact de travaux inopinés.

La marge-A est répartie de façon à absorber les difficultés de circulation potentielles à l'approche des nœuds.

De plus, dans le cadre de segments courts (généralement inférieurs à environ 150 km), une part de la marge-A pourra être transférée d'un segment sur le segment voisin pour mieux absorber les contraintes de circulation dans les nœuds importants.

Dans tous les cas, le taux de marge de régularité totale sera compris entre 3 min et 7 min /100 km sur ligne classique, sans que le débit du tronçon de ligne ne soit dégradé.

6.2. Répartition de la marge en période de travaux

Répartition au sein d'un segment LTV

En cas de travaux connus sur un segment LTV, la marge pourra être affectée au droit des zones travaux, si l'écart par rapport au tracé nominal (hors travaux) est supérieur à 2 minutes (ce seuil de 2 minutes pourra être réduit en zone dense ou sur des points de convergence du réseau structurant).

Une circulation pourra donc voir son taux de marge totale réduit jusqu'à 2 min/100 km avant ou après la zone de travaux afin de concentrer le maximum de la marge-T au droit de celle-ci.

De la marge-V sera ajoutée lorsque les pertes de temps du chantier dépassent la marge-T.

Report de marge-T d'un segment LTV sur le voisin

En cas de travaux sur un segment LTV donné, occasionnant des pertes de temps supérieures à la marge-T du segment, une part de la marge-T d'un segment LTV adjacent pourra être reportée. Cette disposition ne s'applique pas de part et d'autre de nœuds complexes.

6.3. Tracé des variantes horaires pour motifs techniques

Par exception aux principes généraux exposés au paragraphe précédent, dans le but de limiter la création de variantes pour des motifs techniques, aucune variante ne sera tracée si l'écart entre les temps de parcours totaux est inférieur ou égal à trois minutes. Dans ce cas, l'horaire est construit :

- sur la base de la variante la moins performante, pour les variantes calendaires sur un sillon donné,
- sur la base du matériel de la trame, pour les sillons en trame (dans le cas d'un matériel moins performant sur un sillon de la trame, une variante devra être tracée).

Ces principes peuvent également être appliqués pour des écarts supérieurs à trois minutes, à moins que le demandeur ait spécifiquement demandé la création d'une variante horaire.

7. MONTAGE DU GRAPHIQUE

7.1. Compatibilité entre sillons

Les sillons sont tracés de manière à ce que 2 trains à l'heure circulant sur l'infrastructure « standard » ne se gênent pas mutuellement.

Les tracés sont donc effectués sur signaux ouverts, sauf dans les cas (croisement, gare où la réception des trains s'effectue sur signal de sortie fermé, gare en impasse, réception planifiée sur voie occupée, ...) où il est nécessaire d'effectuer ces tracés sur signaux fermés.

Les temps de trajet sont alors calculés de manière à tenir compte de cette situation.

Les écarts horaires minimaux à respecter sont ceux définis dans les normes de tracé, mentionnées au point 2.3 ci-dessus.

Cette infrastructure standard est :

- soit l'infrastructure réelle, y compris au niveau des voies prévues à utiliser dans les gares ;
- soit une configuration forfaitaire réduite de cette infrastructure, décrite dans la norme de ligne, ou dans la consigne annexée au PGF de la section de ligne concernée (par exemple en traçant tous les trains des 2 sens sur une seule voie, avec usage d'IPCS, durant une période horaire déterminée).

7.2. Interactions lignes / gares

Les GOV sont montés en parallèle et en cohérence.

La compatibilité des occupations de voies ne donne toutefois pas lieu à vérification sur les faisceaux de voies globalement alloués à un demandeur pour une durée déterminée.

7.3. Limitations relatives au remplissage

Il n'y a pas d'objectif général de pilotage du taux de remplissage ligne par ligne, car l'effet réseau est essentiel.

Les montages graphiques de base (sillons de fréquence supérieure à une fois par semaine) sont considérés comme robustes pour autant qu'une perturbation isolée de 10 min sur un train soit résorbée au point de survenance au bout d'une heure.