Etudes préliminaires de modernisation de Nevers-Chagny pour la Voie Ferrée Centre Europe Atlantique

Phase 2

Rapport exploitation

Date d'application	
Autres références du document	RG130889C

Validation du document

REDACTION	VERIFICATION	APPROBATION
F. BIRER Chargé d'études 03/03/2014	E. BOISGUERIN V. BOUVY Chargés d'études 03/03/2014	F. BONNAUD Chef de projet 03/03/2014

Historique des modifications du document

Date	Version	Modification	Auteur
06/09/2013	A	Création du document	F. Birer
03/03/2014	B	Modifications suite aux remarques de RFF	V Bouvy F Birer
13/01/2015	C	Modifications suite aux remarques de RFF	F Bonnaud

Sommaire

Introduction 4

1. Hypothèses de travail 5

1.1 Etat des lieux de la situation actuelle 5

1.2 Le projet de base 5

1.3 Les variantes 5

2. Analyse d'exploitation 6

2.1 La situation actuelle 6

2.2 Le projet de base 7

2.2.1 Les enjeux 7

2.2.2 Etude d'exploitation sur la ligne PLM n°830 000 (sens impair : Dijon - Chalon) 8

2.2.3 Etude d'exploitation sur la ligne n°760 000 Nevers-Chagny (sens pair : Chagny - Nevers) 10

2.2.4 Etude d'exploitation sur la ligne PLM n°830 000 (sens pair : Chalon - Dijon) 14

2.2.5 Etude d'exploitation sur la ligne n°760 000 Nevers-Chagny (sens impair : Nevers - Chagny) 15

2.3 Variante 2 : terminus TER en gare du Creusot-Ville 17

2.3.1 Analyse graphique en ligne 17

2.4 Variante 3 : TGV d'interconnexion Rhin-Rhône vers-depuis le Sud (via LN1) 18

2.4.1 Insertion des TGV interconnectés sur LN1 19

2.5 Variante 4 : triangle d'Ecuisses 23

2.5.1 Reconstitution de la marche TAGV sur ligne VFCEA 23

2.6 Variante 5 : voie supplémentaire de St-Léger-sur-Dheune 26

3. Conclusion 27

3.1 Table des figures 28

3.2 Table des tableaux 28

Introduction

Le contexte

En 2010 et 2011, la Région Bourgogne a piloté une étude exploratoire concernant d'opportunité de créer un itinéraire ferroviaire est-ouest performant en France reliant la façade Atlantique à l'axe Saône-Rhône et au Rhin pour les circulations fret ainsi que Nantes, Strasbourg et Lyon via Nevers et Dijon pour les circulations voyageurs.

Le réseau ferré français ne dispose d'aucune liaison ferroviaire performante reliant l'Europe centrale à la façade Atlantique si ce n'est par la ceinture Sud de Paris et la ligne Bordeaux-Toulouse-Montpellier-Marseille. À ce titre, la Voie Ferrée Centre Europe Atlantique (VFCEA) pourrait représenter un itinéraire naturel au centre de la France selon un axe ouest – est.

Les enjeux fonctionnels du développement de cet axe VFCEA sont multiples :

- Créer un itinéraire fret ferroviaire Ouest-Est de qualité reliant la façade atlantique (en particulier le Port de Saint-Nazaire) à la Vallée du Rhône, l'Italie et l'Allemagne et ce pour les trafics existant et les nouveaux trafics ;
- Optimiser le réseau TER en systématisant de manière cadencée les dessertes Tours-Nevers-Dijon et en créant des correspondances entre TER/TGV au Creusot TGV pour des liaisons Tours-Lyon et Paris-Chalon ;
- Diffuser l'effet grande vitesse en utilisant l'itinéraire pour des dessertes TGV Strasbourg-Lyon et transversales Lyon-Nevers-Tours-Nantes par un raccordement entre la ligne existante et la ligne à grande vitesse Sud-Est au niveau de la gare du Creusot TGV.

Après l'électrification de Bourges-Saincaize fin 2011, la section Nevers-Chagny demeure le seul tronçon non électrifié sur cet itinéraire.

Par ailleurs, une étude des interconnexions et des fonctionnalités en gare TGV Le Creusot-Montceau a été pilotée par la Communauté Urbaine du Creusot-Montceau courant 2011-2012. Cette étude a eu pour objectif de préciser le positionnement de la gare TGV et de la zone Coriolis par rapport aux projets régionaux et nationaux d'interconnexion du réseau ferré (TGV/TGV et TGV/TER). Ces projets sont :

- L'électrification de la ligne Chagny-Nevers ;
- L'interconnexion de la ligne Chagny/Nevers sur la LGV ;
- La transformation de la gare TGV en gare TGV/TER.

Les objectifs de l'étude préliminaire

L'objet de l'étude préliminaire de modernisation de Nevers-Chagny est d'étudier les aménagements d'infrastructure permettant de remplir les fonctionnalités attendues par la VFCEA :

- L'électrification de la section Nevers-Chagny ;
- La mise au gabarit GB1 et l'augmentation de la charge à l'essieu (VFCEA) ;
- La mise en place d'un système de communication (GSM-R) ;
- La création de la nouvelle gare TER en correspondance TER/TGV et son raccordement à la ligne existante (périmètre rapproché)
- le raccordement entre la ligne existante et la LGV Sud-Est au niveau de la gare TGV.

Cette étude préliminaire VFCEA est cofinancée par la Région Bourgogne, l'Etat et RFF.

Les résultats de l'étude préliminaire pourront préfigurer les prochaines études qui pourraient être inscrites aux prochains documents de planification régionale.

Ce travail est décomposé en six phases successives et/ou itératives donnant lieu aux rapports d'études suivants :

- Phase 1 : Rapports d'état des lieux :
  - Tome 1 : notice environnementale et procédures administratives
  - Tome 2 : état des lieux des besoins à satisfaire,
  - Tome 3 : état des lieux de l'infrastructure
- Phase 2 : Rapport d'étude d'exploitation
- Phase 3 : Rapport d'analyse des options d'aménagements
- Phase 4 : Rapport d'analyse des scénarios, qui seront définis à partir de l'addition d'options d'aménagements
- Phase 5 : Rapport d'étude de trafic et d'évaluation socio-économique
- Phase 6 : Rapport d'analyse comparative des scenarii.

Ce rapport a pour but de présenter les résultats de la phase 2 : étude d'exploitation des études préliminaires de modernisation de Nevers-Chagny pour la VFCEA. Elle mettra en lumière les enjeux de capacité dans le périmètre de modélisation, et tracera le cas échéant les grandes orientations en termes d'aménagement.

Ce rapport d'exploitation fait suite à la validation par la maîtrise d'ouvrage d'une note d'hypothèses compilant la totalité des critères permettant l'établissement de grilles d'exploitation.

1. Hypothèses de travail

La totalité des hypothèses de travail a été consignée dans la note d'hypothèses préalablement validée par la maîtrise d'ouvrage. La dernière version faisant foi est la version C.

Le rapport d'exploitation met ici en lumière les enjeux de capacité et les aménagements à apporter pour des situations contrastées, se déclinant tant pour la nature du service que pour les infrastructures en présence.

1.1 Etat des lieux de la situation actuelle

Cette étape initiale consiste dans la visualisation des trafics sur la ligne comprise entre Chagny et Nevers (gare exclue) dans les conditions 2013, soit :

- Offre voyageurs : conforme au programme du service annuel 2013 (SA 2013), sans cadencement systématique sur la ligne ;
- Infrastructure : la ligne avant toute opération de modernisation (signalisation en BAPR + traction thermique).

1.2 Le projet de base

Les modifications sont sensibles, tant pour l'offre que pour l'infrastructure.

- Offre : une nette évolution de l'offre est attendue, avec application d'une grille cadencée pour les circulations TER et Fret;
- Infrastructure : la ligne après prise en compte de la modernisation (traction électrique) + raccordement TER vers la nouvelle gare Creusot TER (correspondance TGV) en position Est, entre Montchanin-Ville et St-Léger-sur-Dheune.

1.3 Les variantes

Chacune des variantes s'appuie sur le projet de base, et décline un sous-programme spécifique d'aménagement.

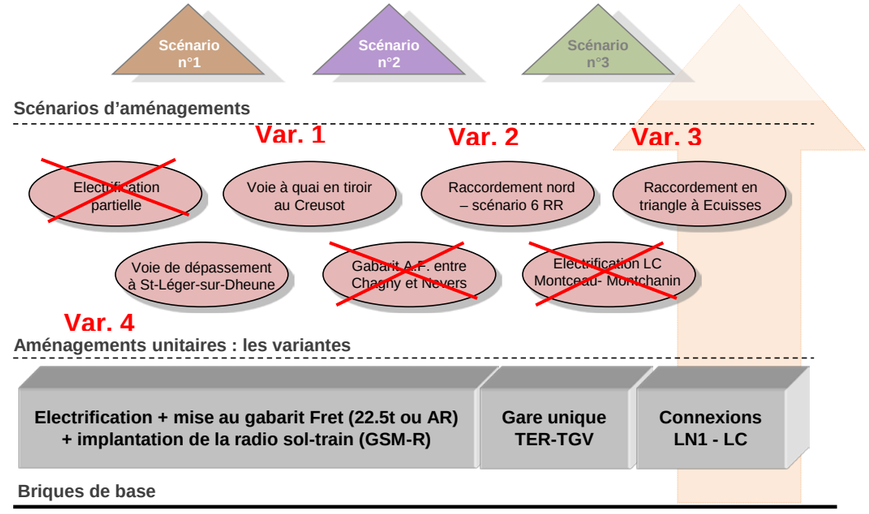


Figure 1 : Les variantes

- La variante 2 : **voie tiroir au Creusot-Ville**
  - Offre : la totalité de la grille de projet de base est reprise en tant que donnée d'entrée. Ensuite, l'action consiste à prolonger un TER Chalon-sur-Saône - Montchanin-Ville (terminus en projet de base) jusqu'à la gare suivante du Creusot-Ville ;
  - Infrastructure : la voie tiroir en gare du Creusot-Ville est un aménagement permettant au TER prolongé d'effectuer son retournement hors voies principales (battement technique et/ou remisage).

L'analyse exploitation visera à mettre en évidence la faisabilité de ce prolongement de service d'un inter-gare, et le cas échéant, de déterminer les aménagements de grille (mesure exploitation), ou les aménagements d'infrastructure.

- La variante 3 : **interconnexion LN/LC au Creusot TER/TGV pour les TAGV Alsace – Sud-Est**
  - Offre : la grille utilisée ici reprend totalement celle testée pour le projet de base. Par contre, il sera ajouté des circulations TAGV de-vers la ligne à grande vitesse Rhin-Rhône branche Est, transitant par la VFCEA entre Chagny et le raccordement LN-LC aux environs de St-Léger-sur-Dheune.
  - Infrastructure : elle reprend totalement les orientations du projet de base, puis présente des fonctionnalités nouvelles sur le raccordement TER du Creusot TER/TGV pour permettre la

connexion des TAGV avec la ligne nouvelle LN1. Ce raccordement LN/LC doit permettre une insertion-retrait de la LN à V160.

- La variante 4 : le barreau de raccordement complémentaire du « **triangle d'Ecuisses** »
  - Offre : la grille voyageurs reprend les accroches et temps de parcours du projet de base pour les TER et les trains de Fret. Par contre, les TAGV testés en variante 3 ne sont plus présents, et sont remplacés par des liaisons TAGV Sud-Est ☐ Centre France
  - Infrastructure : ici, les raccordements du Creusot TER/TGV permettent de répondre aux besoins TER et TGV. Le barreau complémentaire dit « triangle d'Ecuisses » permet d'assurer la fonctionnalité de connexion LN – LC VFCEA de-vers l'Ouest, sans rebroussement.

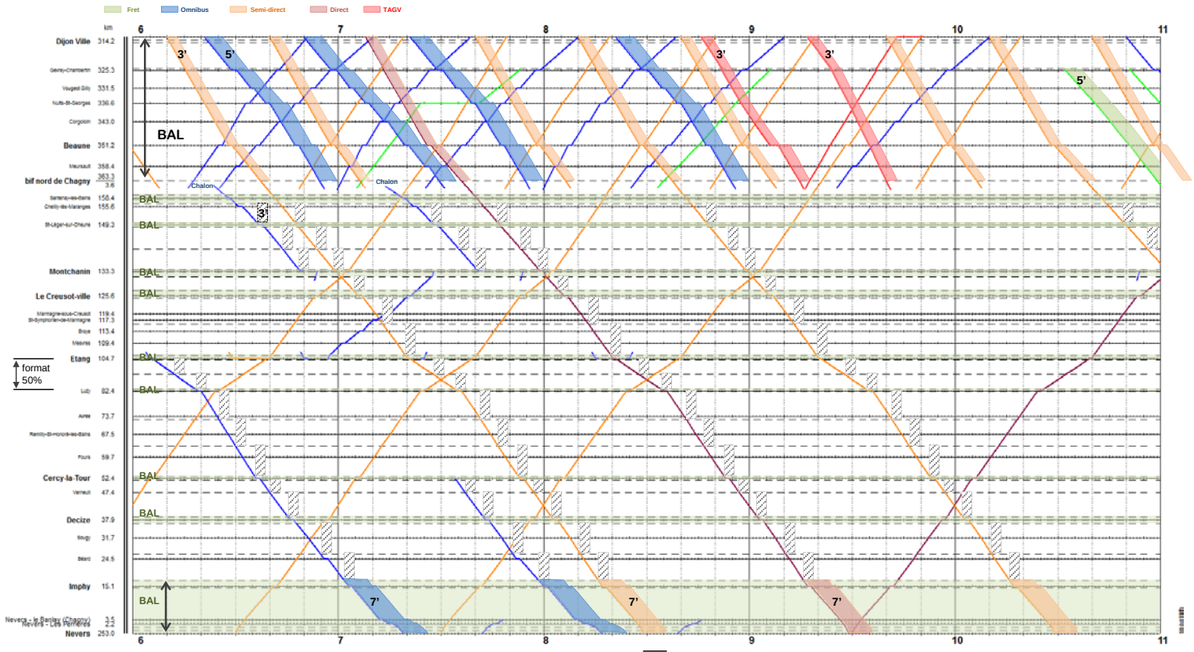
Seuls les TAGV Sud-Est → Centre France empruntent le barreau de communication « triangle d'Ecuisses ».

- La variante 5 : la **voie supplémentaire de St-Léger-sur-Dheune**
  - Offre : la grille de service prise en compte ici est celle du projet de base (accroches identiques au nœud de Chagny)
  - Infrastructure : une voie d'évitement statique doit être créée à l'Est de la gare de St-Léger-sur-Dheune, pour permettre le stationnement des trains de fret.

2. Analyse d'exploitation

2.1 La situation actuelle

Nous présentons ici, pour mémoire, le graphique espace-temps de la ligne Nevers-Chagny (SA 2012). Il met en évidence une trame légère en heure de pointe, avec une offre « voyageurs » régulière principalement constituée de trains de longue distance parcourant la totalité de la ligne Nevers-Chagny (pas de services partiels sur la ligne). Par contre, en heure de pointe du matin, aucun train de fret ne circule.



2.2 Le projet de base

2.2.1 Les enjeux

Le positionnement des sillons sur la ligne Chagny-Nevers répond à une série de contraintes fortes et combinées.

Dans un premier temps, il faudra s'assurer de la bonne insertion des trains sur la ligne PLM très chargée, tant pour les circulations Dijon (nœud, entrée sud) – Chagny - Nevers que pour les circulations Chalon-sur-Saône – Chagny – Nevers.

Il faudra notamment concilier une offre soutenue sur une ligne dont les caractéristiques sont inchangées (2 voies, vitesse maximale de 160 km/h). La question de la disparité des marches sera ici cruciale entre trains lents (fret et TER omnibus) vis-à-vis des trains rapides (notamment les TAGV Alsace – sud-est en transit sur ligne classique entre Dijon et Lyon).

Dans un second temps, les trains régionaux desservant la nouvelle gare du Creusot TER/TGV devront respecter des règles préétablies de correspondance, décrites ici.

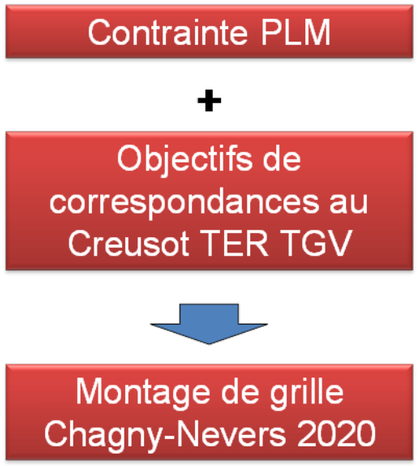


Figure 3 : méthodologie de montage de la grille Chagny-Nevers

TER ⇔ TAGV

Les TAGV desservant la gare du Creusot TGV sont cadencés toutes les deux heures, soit un train toutes les deux heures et par sens, stationnant 2 à 3 minutes en gare. L'accroche horaire prise en hypothèse reprend les indications prévisionnelles du service annuel 2017 (SA 2017) horizon 4LN.

Ainsi, les TAGV desservant la gare du Creusot TGV présentent les horaires suivants :

Sens impair (Nord-Sud)	***Sens pair (Sud – Nord)***
Arrivée : heure impaire + 11	Arrivée : heure paire + 43
Départ : heure impaire + 14	Départ : heure paire + 46

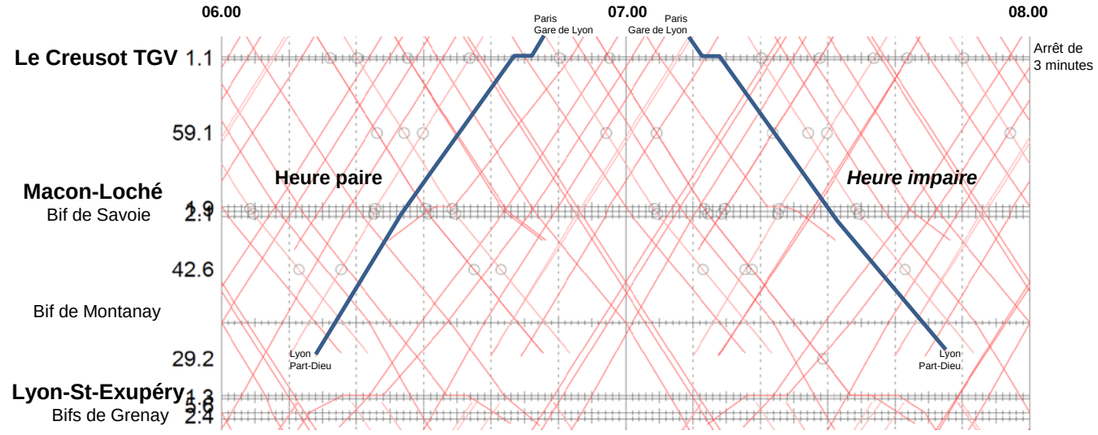


Figure 4 : Graphique espace-temps LN1 / identification du TAGV desservant Le Creusot TGV (SA 2017)

Sur cette base fondamentale, des temps de correspondances minimaux sont ensuite appliqués lors de la conception graphique entre TER et TAGV. On considère ici que les temps incompressibles pour assurer une bonne correspondance en gare du Creusot TER/TGV sont :

- 10 minutes au minimum entre l'arrivée du TER et le départ du TAGV en correspondance ;
- 10 minutes au minimum entre l'arrivée du TAGV et le départ du TER en correspondance.

Ce temps doit permettre aux voyageurs (y compris PMR) de passer d'un pôle à l'autre de la gare (des voies actuelles TGV sur la LN1 à la nouvelle gare TER à l'Est des voies actuelles – et inversement).

TER ⇔ TER

La nouvelle gare du Creusot TER/TGV est considérée comme le point d'articulation de la ligne, du fait des correspondances avec le TAGV. Les accroches principales sont figées dans ce nouveau point d'arrêt.

Par ailleurs, la gare du Creusot TER/TGV sert aussi de nouveau point de rencontre majeur des trains de la branche principale Chagny-Nevers avec ceux de l'antenne Montchanin-Ville - Paray-le-Monial.

Un délai minimal de 7 minutes entre l'arrivée du train A et le départ du train B doit être respecté.

Les correspondances actées en note d'hypothèses dans le sens Chagny - Nevers pour la gare du Creusot TER/TGV sont celles-ci :

- ***Correspondances A***

  TER **PU** Chalon-sur-Saône – Montchanin (Creusot-Ville) → **TAGV** Lyon-Paris

  TAGV Paris- Lyon → TER **PU** (Creusot-Ville) Montchanin - Chalon-sur-Saône

- ***Correspondances B***

  TAGV Lyon-Paris → TER **IC** Dijon-Nevers

  TER **IC** Nevers-Dijon → **TAGV** Paris-Lyon

- ***Correspondances C***

  TER **IC** Dijon-Nevers → TER **IC** Le Creusot TGV/TER – Paray-le-Monial

  TER **IC** Paray-le-Monial – Le Creusot TGV/TER → TER **IC** Nevers-Dijon

Un autre point de correspondance existe en gare d'Etang-sur-Arroux, avec les trains suivants :

TER **IC** Dijon-Nevers → TER **PU** Etang-Autun

TER **PU** Autun-Etang → TER **IC** Nevers-Dijon

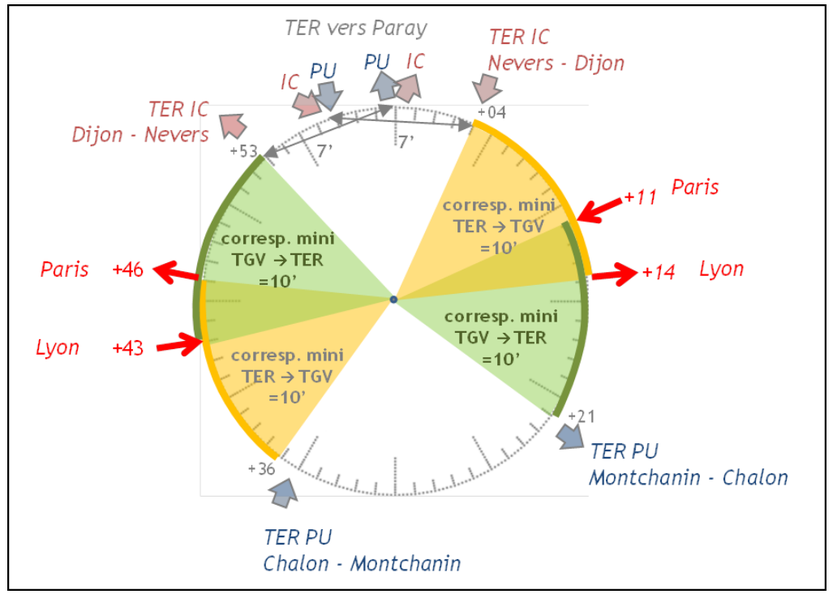


Figure 5 : synthèse des principes de correspondances en gare du Creusot TER/TGV

2.2.2 Etude d'exploitation sur la ligne PLM n°830 000 (sens impair : Dijon - Chalon)

2.2.2.1 Production graphique

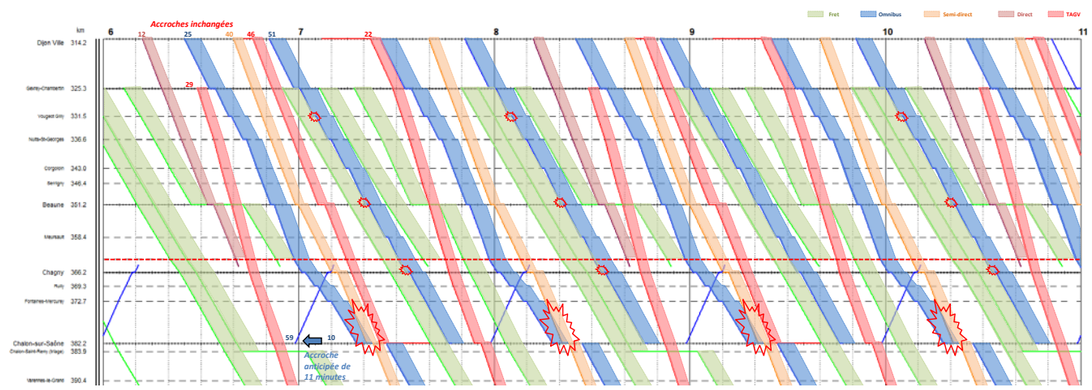


Figure 6 : Graphique espace-temps entre Dijon et Chalon-sur-Saône (sens impair)

Les aplats de couleur figurent la consommation de capacité en ligne, à partir des valeurs des normes de tracé horaire.

2.2.2.2 Principaux enseignements

- **Structuration**

Les accroches horaires des trains de voyageurs sont reprises de la situation « Infrastructure inchangée ». Par contre, l'obligation de correspondance en gare du Creusot TER/TGV implique une anticipation de 11 minutes de l'horaire du TER PU Chalon-sur-Saône → Montchanin-Ville. Le positionnement des trains de fret est libre. Les accroches du SA 2013 ne sont donc pas respectées, puisque ce sont uniquement les créneaux libres entre les trains de voyageurs qui, selon opportunité, sont mis à profit. Un avantage est donné ici dans le positionnement des sillons continus sur PLM (par exemple, le sillon Perrigny – Sibelin), avant même de placer les sillons sur la ligne VFCEA.

- **Constats et enjeux**

Après positionnement des sillons, on constate une très nette occupation de la grille en période de pointe du matin, ainsi qu'une capacité résiduelle nulle. Plusieurs éléments viennent confirmer ce constat :

- Une offre ferroviaire voyageurs + fret soutenue, avec 8 trains entre Dijon et Chagny, puis 6 à 7 trains jusqu'à Chalon-sur-Saône (en incluant le TER de Montchanin-Ville)
- Une nette disparité des marches entre sillons voyageurs et sillons fret contribuant à la « consommation de capacité »

Compte tenu de cette charge, une attention toute particulière devra être portée à l'exploitabilité des services, tant en situation normale que perturbée.

- **Trains de voyageurs**

La totalité des trains prévus en hypothèse a pu être placée dans la grille d'exploitation. Les circulations de longue distance sont placées en premier. Puis s'articule autour d'elles la totalité des autres trains de voyageurs – TER ou TET. Des principes d'accroches dans la gare de Dijon-Ville sont repris de la situation actuelle. En effet, elles sont cruciales pour les questions de bonne correspondance dans cette gare. L'insertion des trains dans le nœud de Dijon ne fait pas partie de l'analyse, et on suppose que la reprise in extenso des accroches horaires de la gare de Dijon-Ville dans le graphiquage de la ligne PLM permet d'éluder cette question.

On observe dans cette grille une très forte proximité entre trains. Ainsi, la succession entre TER PU Dijon - Chalon et TER MR Dijon - Lyon aux abords de la gare de Chalon-sur-Saône est critique, puisque l'intervalle de temps entre les deux arrivées est inférieur aux normes de tracé horaire habituellement prescrite dans le document de référence du réseau. Théoriquement, les sillons ne sont pas traçables. L'espacement des trains de même sens semble toutefois supérieur au block sec (temps technique incompressible), ce qui signifie que les trains peuvent donc circuler, mais que la robustesse d'exploitation est entâchée.

Une fois toutes les deux heures, à $H_{impaire}$ + 20 environ en gare de Chalon-sur-Saône, 3 trains de voyageurs desservent la gare dans un délai très court. Ces trains en « quasi batterie » qui posent question viennent fermer la grille.

La circulation du TAGV Paris – Chalon, bien qu'indiqué dans la grille théorique doit être validée effectivement dans le sens impair en période de pointe du matin. Or le mouvement préférentiel pour ce train est dans le sens pair en période de pointe du matin. Ce train orienté dans le sens opposé vient alléger la grille de sens impair, d'où la récupération d'un sillon de respiration.

Dans ces conditions, les frictions constatées entre le TER PU et le TER Mr aux abords de la gare de Chalon-sur-Saône pourront être réglés en retardant de 2 minutes environ le TER MR au départ de Dijon-Ville.

- **Trains de fret**

Les trains de fret placés dans la grille sont effectivement moins nombreux que dans les grilles réticulaires hypothèse. En moyenne, compte tenu de la forte circulation de trains de voyageurs, nous ne sommes en mesure de placer que 4 sillons / 2 heures en continu sur la ligne PLM. En théorie, il faudrait pouvoir placer 6 sillons continus sur la ligne / 2 heures.

L'écart à Chagny entre deux trains fret Dijon-Nevers respecte autant que possible l'intervalle d'une heure. Dans le graphique, il est réellement de 45mn (train 1 = H+53 / train 2 = H+38).

Les marches des trains de fret sont issues des marches THOR fournies en donnée d'entrée. Par contre, entre Gevrey et Chagny, des rectifications ont été apportées. Nous avons procédé à des accélérations de certains trains de manière à mieux les insérer entre 2 trains de voyageurs. Ces accélérations respectent toutefois les principes de vitesse moyenne pour les trains de la gamme MA100[1].

[1] Nota : train de la gamme MA100 est un train de fret conventionnel avec un profil de train marchandises (et non de messagerie) et une vitesse de référence aux alentours de 100 km/h.

2.2.3 Etude d'exploitation sur la ligne n°760 000 Nevers-Chagny (sens pair : Chagny - Nevers)

2.2.3.1 Production graphique

Les extraits de graphique espace-temps de la ligne Chagny-Nevers placés ici visualisent les principes de correspondance déclinés plus tôt.

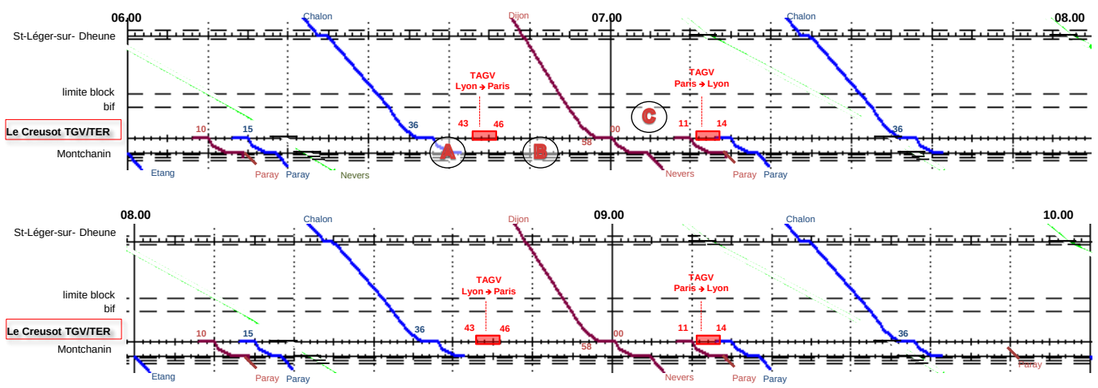


Figure 7 : Visualisation graphique des sillons TER en correspondance en gare du Creusot TER/TGV (sens pair ligne Nevers-Chagny)

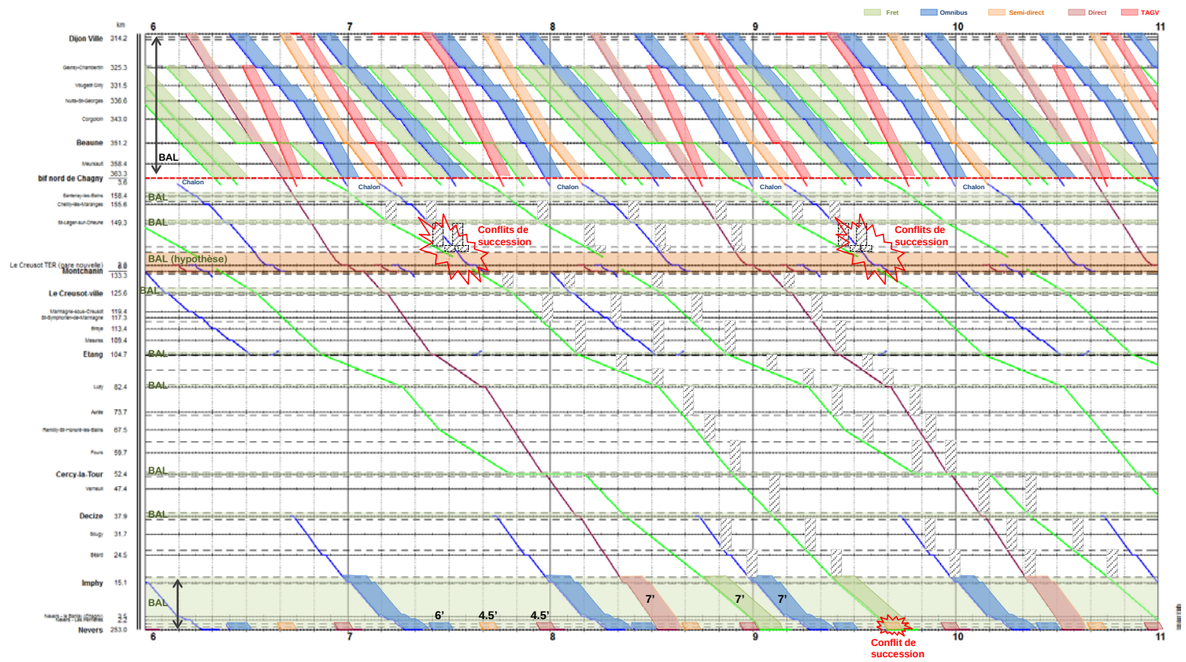


Figure 8 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers via ligne VFCEA (sens pair sur ligne n°760 000)

Les aplats de couleur figurent la consommation de capacité en ligne, à partir des valeurs des normes de tracé horaire.

2.2.3.2 Principaux enseignements

- **Principes de circulation**

La totalité des trains de voyageur transite par le nouveau raccordement donnant accès à la gare nouvelle du Creusot TER/TGV dans son positionnement Est. Tous les trains de voyageurs desservent la gare nouvelle du Creusot TER/TGV, et certains sont en correspondance avec les TAGV Paris – Lyon desservant la gare du Creusot TGV sur LN1.

Les trains de fret restent quant à eux sur le tracé historique primitif, et n'empruntent pas le raccordement.

- **Succession des trains en BAPR**

La ligne Chagny – Nevers est équipée de BAPR en ligne, interrompu dans les zones de gare par des portions courtes de BAL. Le raccordement vers la gare nouvelle du Creusot TER/TGV est également équipé intégralement en signalisation BAL.

Le système de signalisation en ligne BAPR s'accompagne de temps de succession des trains potentiellement élevés, en particulier lorsque les cantons parcourus sont longs. Par définition, la succession entre deux trains correspond au temps de franchissement total d'un canton par le premier train. De plus, les normes de tracé imposent une temporisation complémentaire de 3 minutes entre le dégagement du signal aval par le premier train et le l'engagement du train suiveur dans le canton au niveau du signal amont.

Un conflit de succession est visible à l'approche de la gare du Creusot TER/TGV entre deux trains dont les contraintes horaires cumulées sont incompatibles.

- d'une part, la modification de l'horaire du TER Chalon – Montchanin pour répondre aux objectifs de correspondance en gare du Creusot TER/TGV
- d'autre part, la question de l'insertion des trains fret sur la ligne PLM, et le parti pris de répartition homogène des trains chaque heure, avec un intervalle autant que possible égal à 60mn

L'application stricte de la temporisation de 3 minutes expliquée plus haut est impossible, une mesure d'exploitation doit être appliquée.

Un autre conflit de succession existe également dans ce positionnement primitif avec un train de la ligne Paris – Clermont-Ferrand, à l'approche de la gare de Nevers.

- **Ebauche de solution des conflits de succession**

Le conflit de succession principal peut être solutionné de 2 façons : garage fret ou accélération temporaire du fret.

En premier lieu, on peut envisager d'emblée l'utilisation d'une voie de garage fret aux abords de St-Léger-sur-Dheune. Cette mesure permet de mettre de côté le train fret, pour autoriser son dépassement par le TER PU Chalon sur Saône Montchanin. Cette mesure pose toutefois des questions sur la continuité du sillon fret au-delà de Montchanin-Ville, un conflit apparaissant à cet endroit avec un TER Montchanin → Etang. La continuité du sillon est également en question plus loin sur la ligne entre Decize et Nevers, avec un conflit potentiel avec un autre TER PU.

En second lieu, on peut aussi envisager une accélération du sillon fret, sur une courte portion entre Chagny et Montchanin-Ville. En effet, c'est la disparité de marche avec le TER PU suiveur qui occasionne la difficulté d'insertion. Les vitesses moyennes du train de fret issues du SA 2013 (MA 100) sont d'ailleurs très faibles sur cette portion : 53 km/h entre Chagny et St-Léger-sur-Dheune, puis de 38 km/h entre St-Léger sur Dheune et Montchanin-Ville.

L'accélération à 75 km/h du sillon fret permet de résoudre le conflit. La faisabilité réelle de cette accélération doit être toutefois confirmée. D'une manière générale, c'est la question de l'accélération du train sur la totalité de la ligne qui doit être posée. Elle sera notamment conditionnée par la géométrie de la ligne (courbes et dévers), potentiellement limitant.

Les aplats de couleur figurent les temporisations induites par le BAPR dans les normes de tracé horaire.

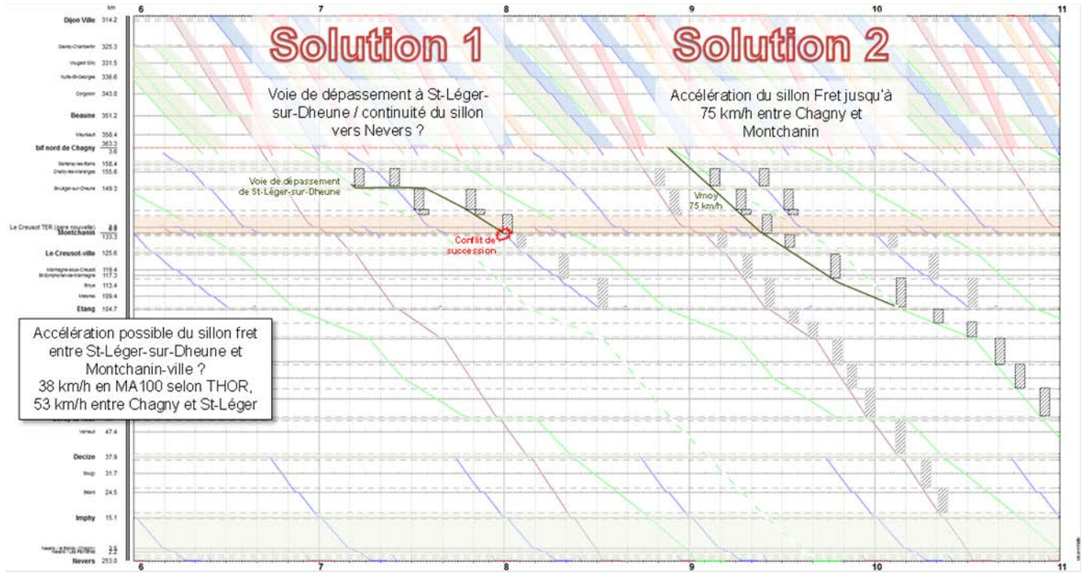


Figure 9 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers via ligne VFCEA

- **Marches et temps de parcours**

Le temps de parcours du train de fret est de 2h40 dans le SA 2013 (cf. annexe – marche THOR). C'est sur cette base qu'est tracé le sillon fret dans le présent graphique. Les trains de fret circulant sur la ligne subissent des domestications pour les insérer correctement en ligne en complément de la trame initiale « voyageurs », voire des arrêts dans des gares adaptées. Ces mesures peuvent potentiellement dégrader la « qualité fret » annoncée comme postulat initial de tracé dans la note d'hypothèses.

Dans le SA 2013, la vitesse moyenne de ce sillon fluctue selon les portions de ligne entre 38 et 81 km/h. d'une manière globale, le parcours entre Chagny et Nevers de 2h04 induit une vitesse moyenne de près de 60 km/h.

Or après domestication et arrêts, afin de tenir compte des contraintes de graphique, le temps de parcours de l'un des deux sillons s'élève à 3h06 (soit 52 km/h de vitesse moyenne sur le parcours).

Un test de temps de parcours est produit, afin de déterminer les performances maximales des trains de fret sur la ligne. Sans modifier les paliers de vitesse maximale, et sur la base de l'engin moteur électrique le plus crédible à l'horizon de la modernisation de l'axe (électrification), un nouveau temps théorique d'un train drapeau est produit. Il intègre une marge de régularité de 6.6%, traduction directe de la règle de régularité sur cette ligne classique (4,5 mn / 100 km).

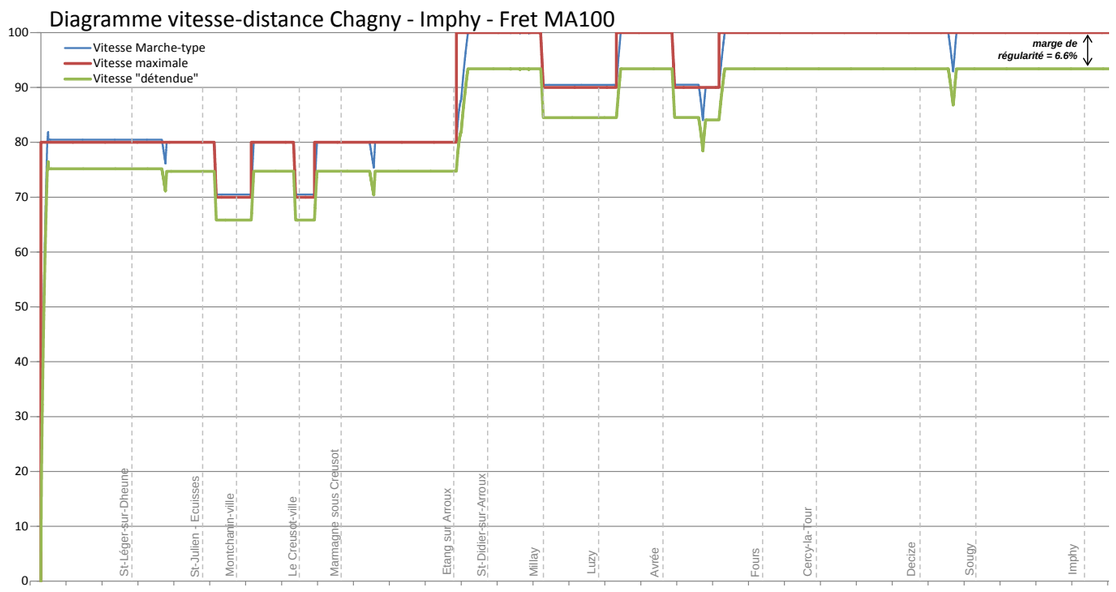


Figure 10 : Diagramme vitesse-distance Chagny-Sougy / modélisation de temps de parcours (train drapeau)

Ainsi, un train de fret « drapeau »[2] peut parcourir la distance Chagny-Nevers en 2heures. Les vitesses moyennes sont alors très proches des performances maximales de la marche MA 100.

Point de jalonnement	Pk	Temps THOR (mn)	Vitesse moyenne THOR (km/h)	Temps MA100 (mn – avec marge régularité 6.6%)		Vitesse moyenne calcul TDP (km/h)	
Bifurcation Ouest de Chagny	160.870	-	-	-		-	
St Leger-sur-Dheune	149.297	13	53	9.2	**9.2**	75	**75**
St Julien - Ecuisses	137.284	25	38	9.3	**13.3**	78	**73**
Montchanin-ville	133.275			4.0		61	
Le Creusot-ville	125.644	11	42	6.3	**6.3**	73	**73**
Marmagne-sous-Creusot	119.375	19	66	5.3	**17.1**	72	**74**
Etang-sur-Arroux	104.678			11.8		75	
St Didier-sur-Arroux	98.072	24	56	4.4	**15.1**	90	**89**
Millay	91.511			4.2		94	
Luzy	82.373			6.5		84	
Avrée	73.650	11	81	5.6	**5.6**	93	**93**
Remilly St-Honoré-les-Bains	67.513			-	**-**	-	
Fours	59.669	11	43	9.6	**9.6**	87	**87**
Cercy-la-Tour	52.376			4.7	**4.7**	93	**93**
Decize	37.914	12	72	9.2	**9.2**	94	**94**
Sougy	31.716	19	55	4.0	**14.7**	93	**93**
Imphy	15.061			10.7		93	
Nevers		15	60	15	**15**	-	**-**
TOTAL		**160' = 2h40**		**120' = 2h**			

Tableau 1 : Tableau de synthèse des temps de parcours (SA 2013 / train drapeau)

Deux grandes orientations peuvent être prises à ce stade pour obtenir une situation stable :

- La priorité donnée aux trains de voyageurs d'une part ;
- La priorité donnée aux trains de fret d'autre part.

[2] Train de fret drapeau : train théorique type considéré comme seul sur son infrastructure, train utilisé pour le calcul de marche pour obtenir le sillon optimal. Pour obtenir le sillon commercial, le profil est modifié par domestication en ligne et/ou sur-stationnement en gare/faisceau.

- **Solution avec « priorité voyageurs »**

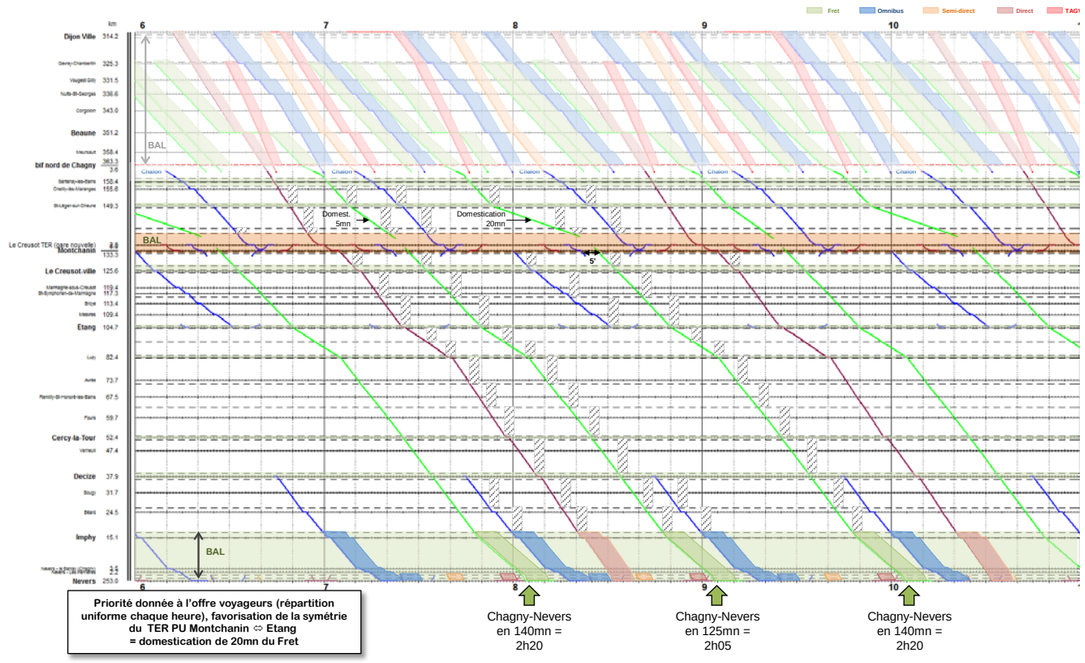


Figure 11 : Graphique espace-temps entre Chagny et Nevers (sens pair) – priorité voyageurs

L'avantage donné aux trains de voyageurs implique une adaptation des marches accélérées, par une domestication lorsque cela est nécessaire. La bonne association entre circulations de même sens entre Chagny et Montchanin-Ville impose la domestication des sillons fret de 5 et 20 mn selon les heures. Les temps de parcours Chagny-Nevers se trouvent de ce fait pénalisés dans les mêmes proportions : 125mn pour l'un et 140mn pour l'autre.

Cette grille prend comme principe, en cœur de périmètre entre Montchanin et Etang, la desserte d'un train / heure / sens. L'accent donné à la régularité de la desserte « voyageurs » sur cette portion, alternativement TER IC et TER PU selon les heures induit alors une irrégularité dans les sillons fret tracés sur la ligne.

- **Solution avec « priorité fret »**

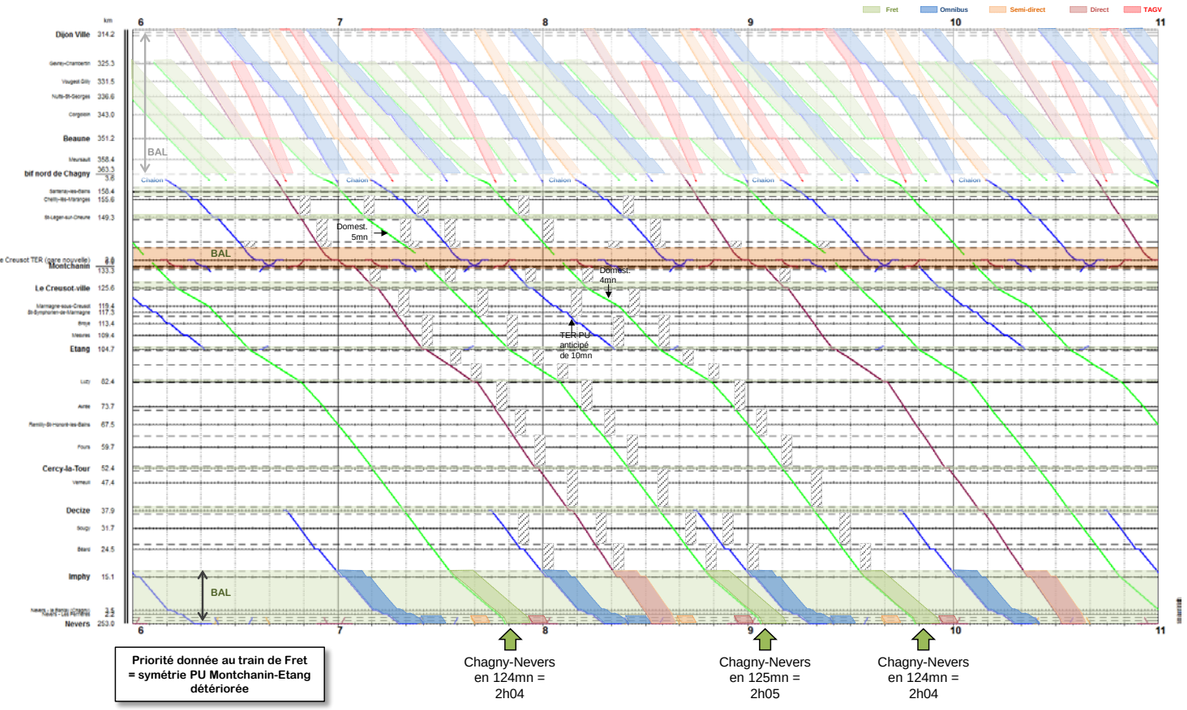


Figure 12 : Graphique espace-temps entre Chagny et Nevers (sens pair) – priorité fret

Une autre solution réside dans la régularité du sillon fret. Les accroches et profils du train de fret Chagny-Nevers sont répétitifs toutes les heures. Le temps de parcours Chagny-Nevers est alors davantage assuré, d'environ 125mn à chaque fois.

Dans le même temps, la structure très ordonnancée de la trame voyageurs dans le cœur de périmètre est « désorganisée », avec l'anticipation de 10mn du sillon Montchanin-Ville – Etang. Une très légère domestication du sillon fret reste nécessaire pour un sillon sur deux, entre Le Creusot-Ville et Marmagne-sous-Creusot.

C'est cette solution de « priorité fret » qui semble apporter le meilleur compromis temps de parcours / lisibilité de l'offre. C'est pourquoi c'est celle-ci qui sera retenue pour la conception graphique de sens opposé Nevers-Chagny.

2.2.4 Etude d'exploitation sur la ligne PLM n°830 000 (sens pair : Chalon - Dijon)

2.2.4.1 Production graphique

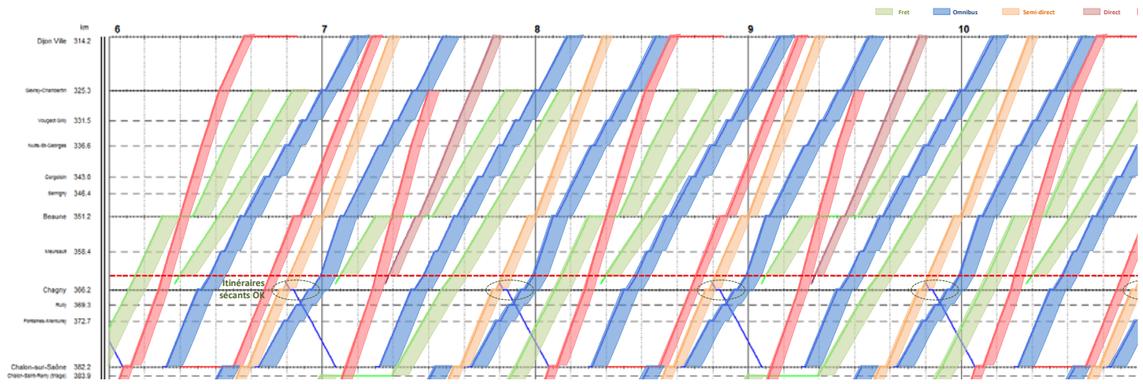


Figure 13 : Graphique espace-temps entre Chalon-sur-Saône et Dijon (sens pair)

Les aplats de couleur figurent la consommation de capacité en ligne, à partir des valeurs des normes de tracé horaire.

2.2.4.2 Principaux enseignements

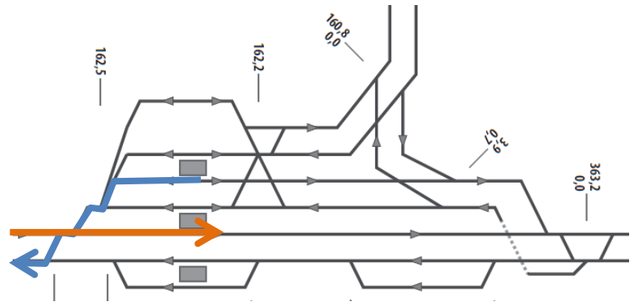
Comme pour le sens opposé, les accroches horaires des trains à l'arrivée en gare de Dijon-Ville sont reprises in extenso. Les accroches des trains de fret ne respectent par contre pas les sillons déjà conçus et circulés dans le SA 2013. Le principe retenu ici est bien celui d'une grille fret complémentaire de la grille voyageurs. Ce sont les capacités résiduelles du graphique sud - nord qui sont mises à profit pour tracer les sillons de marchandises.

L'accent est d'abord mis sur l'attente prioritaire, c'est-à-dire l'écoulement des trains dans la vallée de la Saône (par exemple, entre Sibelin et Perrigny). Les trains de fret en provenance de Nevers sont positionnés ensuite.

La grille voyageurs du sens pair est symétrique de celle de sens impair. Les conclusions formulées plus tôt sont donc également valables ici : la nette disparité des marches entre trains lents et rapides, et l'ambition marquée de forte desserte voyageurs sur l'axe conduit à une réduction drastique des capacités résiduelles sur la ligne.

On enregistre ainsi, entre Chalon et Chagny, toutes circulations confondues, 5 à 6 sillons par heure, puis 7 sillons par heure entre Chagny et Dijon. Pas ou peu de fenêtre libres existent ici, l'exploitabilité de la grille en situation nominale et perturbée devra au préalable être réalisée.

Le montage graphique doit ici intégrer une contrainte supplémentaire par rapport au sens impair : le cisaillement à niveau au niveau de la gare de Chagny pour les TER PU Montchanin – Chalon-sur-Saône. Ces trains peuvent potentiellement entrer en conflit avec un train de sens pair sur la ligne PLM. Les temps de séparation pour itinéraires incompatibles sont intégrés (données sources : normes de tracé horaire du document de référence du réseau).



	1er train / particularités	Valeur minimale	2ème train
Chagny	Bv : V1B	Passage 4' derrière	Train voie directe
	V3 Evitement (800 m)	Garage 4' devant, sortie 3' derrière	Train voie directe
	BV : VA ou VB ⇒ V2B	Garage 4' devant, sortie 3' derrière	Train voie directe
	Bif. Sud	3' devant et derrière itinéraires sécants, divergents et convergents	

Figure 14 : Itinéraires sécants en gare de Chagny et normes de tracé horaires dans cette gare

Les sillons fret complémentaires de la grille voyageurs sont moins nombreux que dans le sens impair. En effet, on ne compte que 4 sillons fret / 2 h entre Chagny et Dijon, soit 2 en provenance de Nevers sur la ligne n°760 000 (VFCEA) et 2 en provenance du sud de Chalon-sur-Saône sur la ligne n°830 000 (PLM).

Les hypothèses de sillons fret validées dans la note d'hypothèse étaient par contre deux fois plus importantes : 8 sillons / 2 heures, avec une nette majorité d'entre eux dirigés sur PLM.

Les trains de fret en provenance de la ligne VFCEA adoptent un intervalle de 45/75 mn à l'émergence à Chagny.

2.2.5 Etude d'exploitation sur la ligne n°760 000 Nevers-Chagny (sens impair : Nevers - Chagny)

2.2.5.1 Production graphique

Les principes de correspondance entre trains TER et TAGV en gare nouvelle du Creusot TER/TGV sont aussi appliqués dans le sens impair. Les graphiques espaces-temps ci-dessous figurent les sillons au niveau de la gare.

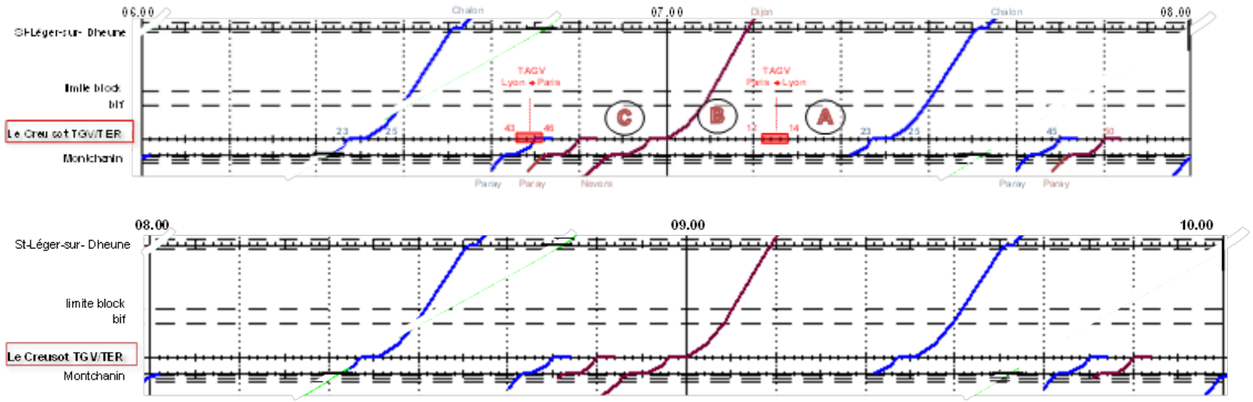


Figure 15 : Visualisation graphique des sillons TER en correspondance en gare du Creusot TER/TGV (sens impair ligne Nevers-Chagny)

Sens Nevers-Chagny-Dijon / constat

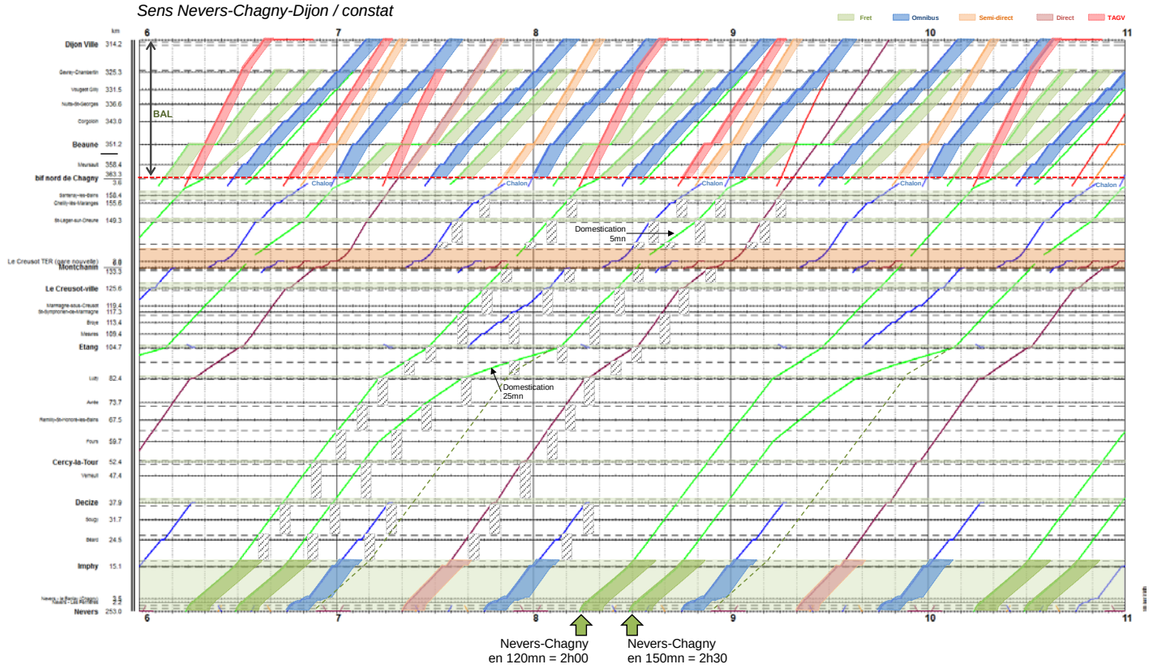


Figure 16 : Graphique espace-temps entre Nevers et Chagny (sens impair) – priorité fret

2.2.5.2 Principaux enseignements

- **Occupation en ligne**

C'est le principe de priorité fret qui est reporté ici, par symétrie du sens pair déjà testé. Dans ces conditions, il y a donc un intervalle irrégulier de la desserte dans le centre de périmètre, entre Etang et Montchanin-Ville.

Cette mesure ne permet toutefois pas de maintenir une régularité de temps de parcours pour le sillon fret. En effet, un sillon peut être tracé de manière optimale, avec 2h de parcours entre Nevers et Chagny. Ce qui équivaut à la performance du train drapeau. L'autre train de fret supporte toutes les domestications sur le tracé (25 mn entre Nevers et Etang d'une part, et 5mn entre Montchanin-Ville et St-Léger-sur-Dheune d'autre part).

Une adaptation de la grille au niveau de la gare de Nevers doit toutefois pouvoir permettre une relative régularité de la desserte fret en sens impair, par un rétablissement du temps de parcours du 2nd sillon fret à 2h05 environ.

- **Dimensionnement de la gare**

La résolution des conflits en ligne par le bon ordonnancement des sillons autorise ensuite le dimensionnement des voies à quai, par une approche sommaire de la fréquentation de la nouvelle gare du Creusot TER/TGV (pôle TER).

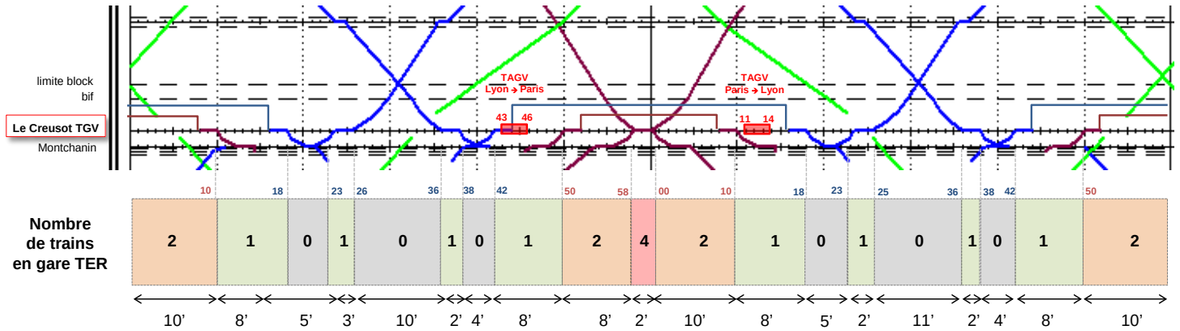


Figure 17 : Graphique espace-temps centré sur la gare de Creusot TER/TGV – occupation des voies de gare

La desserte de la gare nouvelle sera évaluée sur la base de l'étude attentive du graphique espace-temps cumulant les deux sens de circulation (ici, le zoom sur la portion de la gare du Creusot et du raccordement et tracé historique entre St-Léger-sur-Dheune et Montchanin-ville.

Il apparaît donc ici un besoin maximal de 4 positions à quai, requises dans le pic de fréquentation de la gare 2 minutes toutes les 2 heures (2% du temps). Deux positions à quai sont requises pendant 38 mn / 120 mn (32% du temps), une seule position seulement est utilisée pendant 41 mn / 120 mn (34% du temps).

L'illustration suivante présente un positionnement possible des trains dans la gare-type à 4 voies.

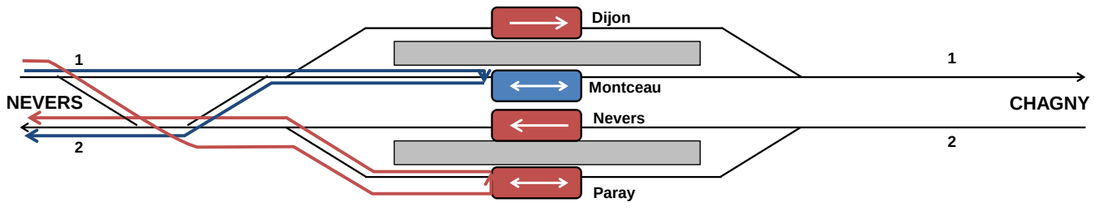


Figure 18 : Positionnement possible des trains dans la gare-type à 4 voies

En conséquence, il est indispensable d'équiper la future gare TER du Creusot TER/TGV de 4 voies à quai. Les appareils de voie seront placés côté Ouest de la gare, compte tenu des terminus de services ferrés de la ligne de Paray le Monial dans la gare nouvelle.

- **Dimensionnement du raccordement**

Le graphique espace-temps permet aussi de déterminer le nombre de voies à prévoir pour le raccordement, compte tenu des principes de correspondance pris en hypothèse.

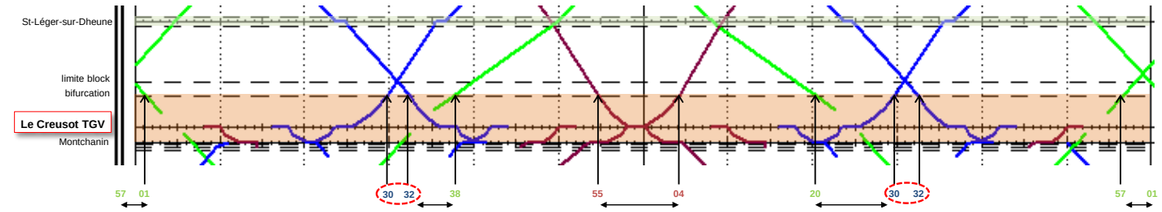
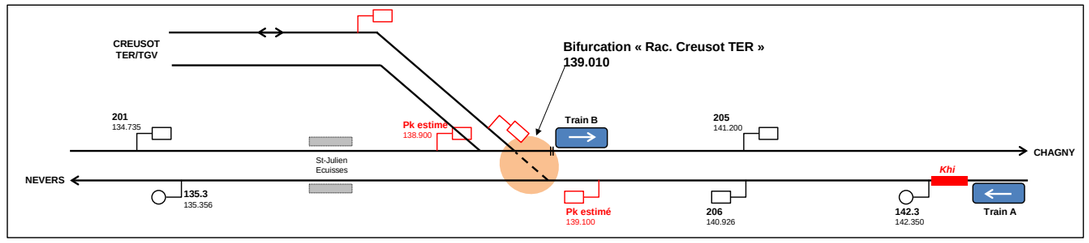


Figure 19 : Graphique espace-temps centré sur la gare de Creusot TER/TGV – occupation des voies du raccordement

Entre Creusot TER/TGV et St-Léger-sur-Dheune

On constate en premier lieu que le raccordement n'est circulé que par un train TER à la fois, sur la portion entre la gare nouvelle du Creusot-TER/TGV et la bifurcation côté Est (proximité de St-Léger sur Dheune). Par contre, l'intervalle est ponctuellement réduit entre 2 trains de sens inverse (TER PU), de 2mn en situation nominale entre une sortie du raccordement d'un train de sens impair et l'entrée sur le raccordement du train de sens pair. La robustesse d'exploitation est potentiellement réduite en cas d'exploitation en voie unique.



Entre Montchanin-Ville et Creusot-TER/TGV

On observe ici des arrivées-départ simultanées de trains de sens opposé en gare de Montchanin-Ville. Là encore, les intervalles entre entrées-sorties du raccordement dans une solution voie unique sont très réduits, et vont dégrader les conditions de saine exploitabilité des services voyageurs.

En conséquence, il paraît essentiel d'équiper le futur raccordement de la gare TER de 2 voies, dans son intégralité.

- **Signalisation sur la ligne classique historique**

La création du raccordement TER, puis emprunté conjointement par TER et TAGV en second lieu, vient bouleverser la géographie ferroviaire locale au niveau du point de jonction avec la ligne historique Nevers-Chagny.

Il convient donc de procéder, dès le projet de base, à une modification substantielle de la signalisation sur le tracé historique. L'opération consiste en une extension de la zone de BAL à l'Est de la gare de Montchanin-Ville, englobant les bifurcations/jonctions avec la nouvelle voie de raccordement à la gare du Creusot TER-TGV.

Ces modifications sont synthétisées dans le schéma d'infrastructures ferroviaires ci-dessous

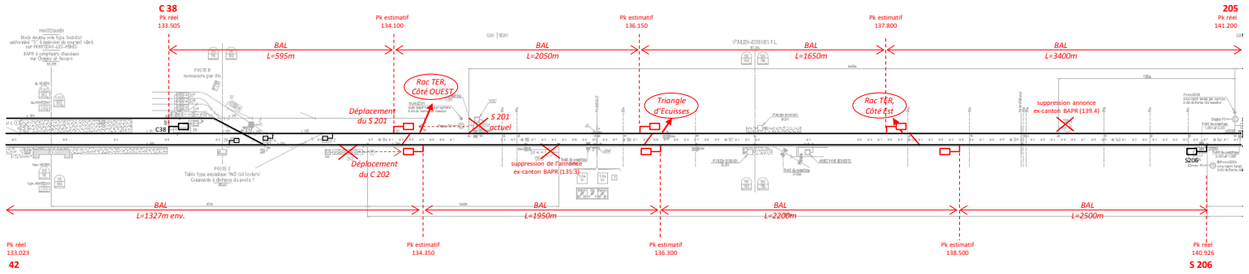


Figure 20 : modifications du schéma d'infrastructures ferroviaires

Les modifications à prendre en compte sont les suivantes :

- les signaux 201 et 202 font l'objet d'un décalage, afin de tenir compte du point de jonction du raccordement avec la gare Creusot TER-TGV côté Ouest
  - le signal S 202 est remplacé par une apparence C 202 dans sa nouvelle position,
  - le déplacement du signal S 201 entraine une modification de l'annonce sur le panneau précédent.
- le signal d'annonce 139.4 est supprimé, se trouvant désormais dans un canton de BAL de part et d'autre du raccordement du triangle d'Ecuisses à la ligne classique « historique », les signaux nouveaux portent l'indication Carré,

  En cas de non réalisation de cette variante d'aménagement, les signaux sont maintenus, mais ne portent plus que l'indication Sémaphore, en l'absence de point à protéger.
- le signal d'annonce 135.3 est supprimé, se trouvant désormais dans un canton de BAL sur voie2.

Le changement de signalisation s'accompagne d'une dépose des compteurs d'essieux en place sur la ligne, ainsi que la modification des circuits de voie.

A dire d'expert, il semble que l'extension du BAL à l'Est de la gare de Montchanin-Ville sur l'axe historique ne coûte pas plus cher que la mise en place d'un nouveau découpage de BAPR. Par ailleurs, l'extension du BAL est la meilleure solution en cas de phasage de l'opération « triangle d'Ecuisses – variante 4 » (impact signalisation réduit).

Compte tenu des fonctionnalités attendues sur le raccordement (jonctions avec triangle d'Ecuisses, avec les voies de liaison sur la LN, les ADV pour diffuser sur les 4 voies à quai de la gare TER, la signalisation appliquée est obligatoirement du BAL.

Variante 2 : terminus TER en gare du Creusot-Ville

Cette variante consiste à tester le prolongement du service TER Chalon-sur-Saône – Montchanin-Ville jusqu'à la gare suivante de Creusot-Ville. Aucune modification n'est portée à l'infrastructure par rapport au projet de base.

2.3.1 Analyse graphique en ligne

2.3.1.1 Production graphique

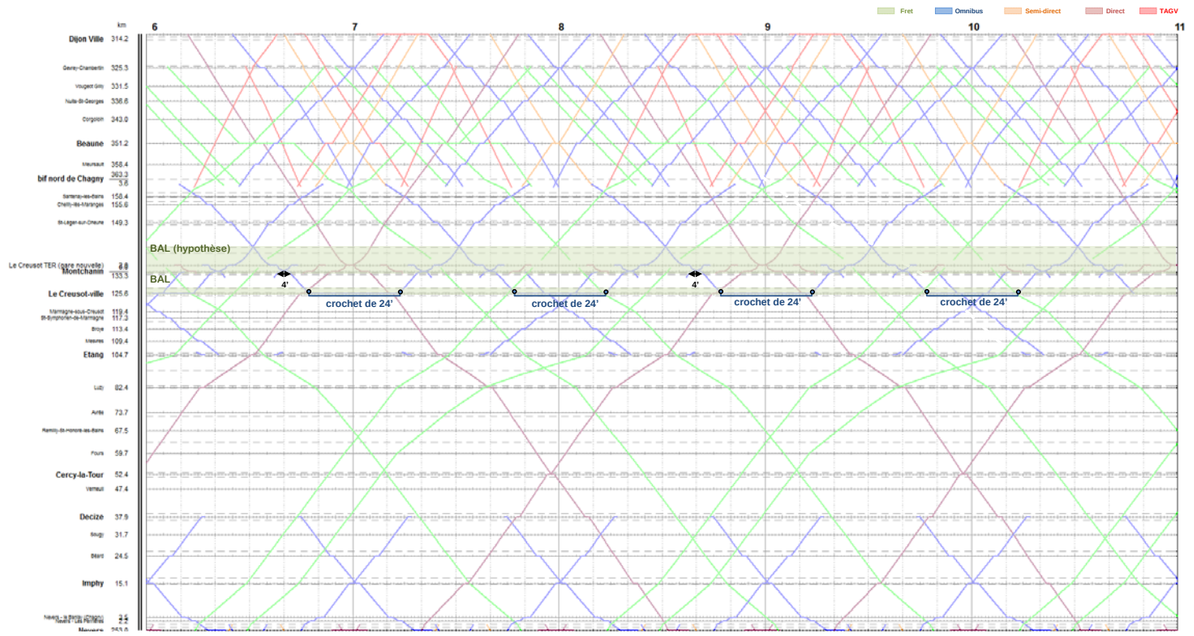


Figure 21 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers – variante 2

2.3.1.2 Principaux enseignements

On observe ici que le prolongement des services TER PU jusqu'au Creusot-Ville s'effectue sans générer de conflits en ligne.

Le passage à la bifurcation Ouest de Montchanin-Ville (antenne de Paray-le-Monial) s'effectue également correctement. Le TER PU Montceau-les-Mines - Creusot TER/TGV devance de 4 minutes seulement le TER Chalon-sur-Saône → Creusot-Ville. Il s'agit ici de la valeur minimale prescrite dans les normes de tracé horaire pour les mouvements sécants pour cette bifurcation à niveau.

L'entrée du train TER PU Chalon – Creusot dans le tiroir de retournement doit toutefois attendre le dégagement complet de l'itinéraire par le TER IC Nevers – Dijon circulant en sens impair. Une temporisation du train à quai en gare du Creusot-Ville peut toutefois être réalisée, aucun train ne suivant de près le TER PU dans le sens pair.

Par ailleurs, nous constatons que le terminus n'est occupé que par un seul train en simultané, grâce à l'application de crochets optimisés en bout de ligne, de 24 minutes environ. Ce temps entre l'arrivée du train des sens pair et le départ du train de sens impair doit permettre les opérations de retournement de la rame, mais également d'absorber les éventuels retards accumulés en ligne.

Au stade d'études actuel, il est possible de formuler une préconisation pour le retournement de la rame uniquement. On retient habituellement le temps de 10mn comme seuil minimal pour effectuer les opérations de retournement, crédible dans le cas d'une gare simple, avec proximité des quais commerciaux avec le tiroir technique.

Le temps de battement à appliquer sur la ligne est une dimension maîtrisée par l'exploitant, qui lui appartient de fixer. Le crochet de 24 minutes paraît néanmoins suffisant pour concilier ces deux attentes (retournement + battement).

Les aménagements associés au tiroir de retournement sont présentés par ailleurs. Ci-dessous, un aperçu de la gare modernisée, avec nouveaux signaux et appareils de voie requis.

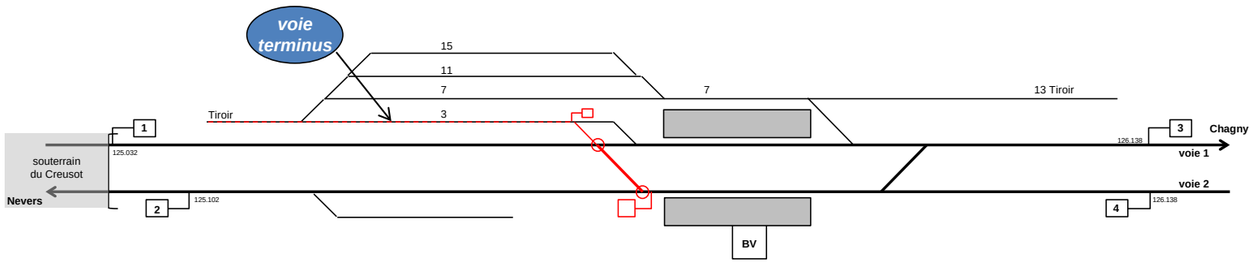


Figure 22 : aménagements Creusot-Ville

2.4 Variante 3 : TGV d'interconnexion Rhin-Rhône vers-depuis le Sud (via LN1)

Le positionnement des sillons sur la ligne Chagny-Nevers répond à une série de contraintes fortes et combinées.

Il s'agira dans un premier temps d'identifier les créneaux d'insertion des TGV sur la LN1, dont les vitesses d'entrée – sortie sont égales à 160 km/h au droit du BV du Creusot-TGV. Cette étape permettra d'identifier des accroches d'entrée-sortie de la LN1, contraintes qui viendront s'imposer au positionnement initial des sillons sur les lignes VFCEA d'abord, puis PLM ensuite.

Les sillons TER transitant par la gare nouvelle du Creusot-TER/TGV doivent aussi respecter les objectifs de correspondance avec les TGV (cf. « projet de base » pour les principes). Cette contrainte complémentaire pourra alors se répercuter sur l'ordonnancement des sillons sur VFCEA et PLM. En retour, les grands principes de positionnement des trains nord-sud sur PLM pourront modifier les sillons transversaux, Dijon-Nevers notamment.

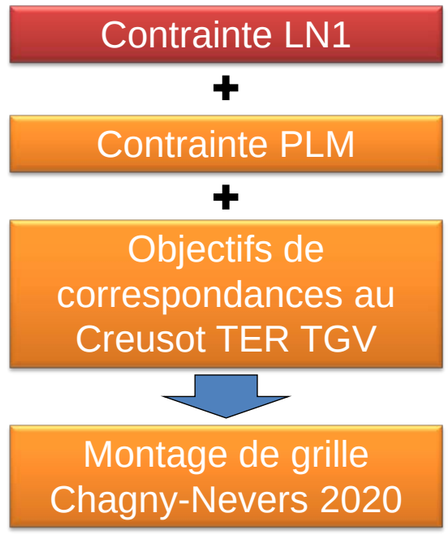


Figure 23 : contraintes sur le montage de la grille Chagny-Nevers

2.4.1 Insertion des TGV interconnectés sur LN1

Le projet d'interconnexion des TGV de-vers la ligne Rhin-Rhône branche Est vise à faire circuler les TAGV sur la ligne PLM entre le nœud de Dijon et la bifurcation de Chagny, puis sur la ligne VFCEA entre la bifurcation de Chagny et la gare du Creusot TGV pour l'emprunt de la LN 1 ; au lieu de les faire circuler intégralement sur la ligne PLM entre les nœuds encadrants de Dijon et Lyon.

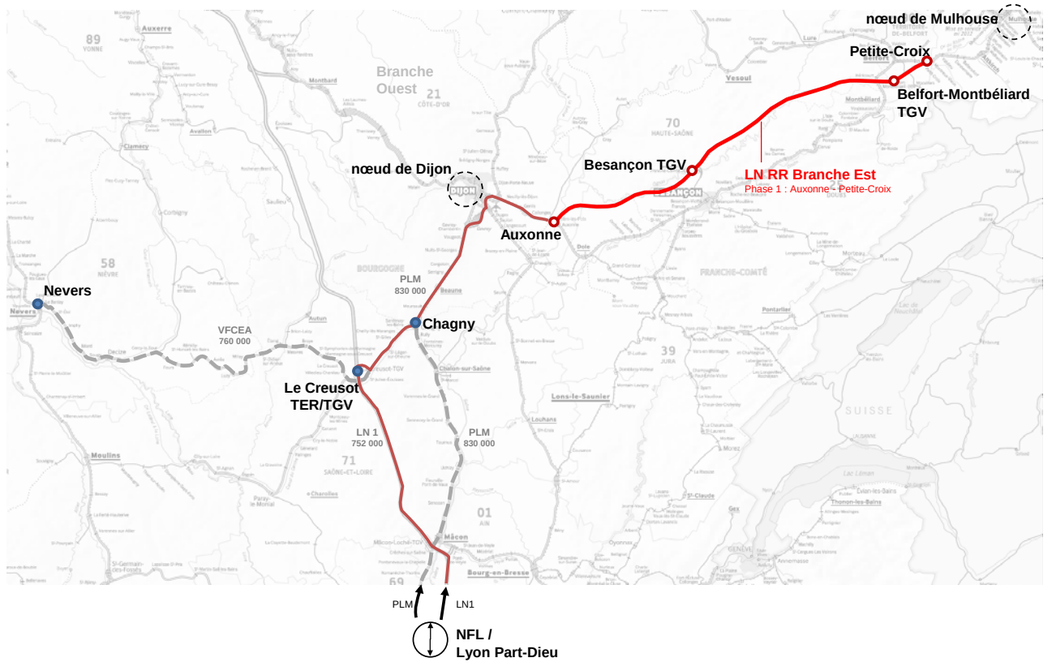
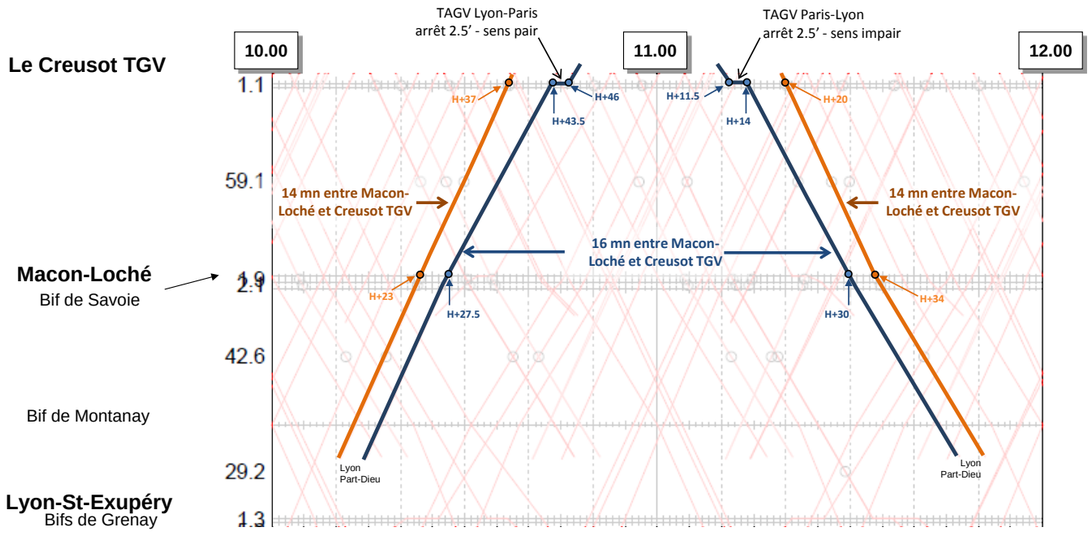


Figure 24 : TGV interconnectés

2.4.1.1 Estimation de la marche GV du TAGV interconnecté

Les marches des TAGV sur la ligne nouvelle à grande vitesse sont variables selon le régime de desserte des trains (absence ou pas d'arrêts intermédiaires entre Paris et Lyon). A la lecture du graphique espace-temps, sur le parcours Macon-TGV - Creusot TGV, on observe un écart de 2 minutes entre les trains directs d'une part (14mn), et les trains desservant la gare du Creusot-TGV (16 mn).

Le TAGV interconnecté respecte une vitesse d'entrée-sortie sur la LN1 de 160 km/h. En première approche, cette vitesse semble un moyen terme entre un train lancé en vitesse sans arrêt au Creusot-TGV (entre 280 et 300 km/h), et un train desservant la gare du Creusot-TGV et devant respecter les phases d'accélération – freinage liées à l'arrêt dans cette gare.



Par extrapolation, on peut estimer de manière crédible le temps de parcours Creusot-TGV – Macon-TGV à 15minutes. C'est sur la base de cette marche reconstituée que se fera l'insertion des TAGV interconnecté.

2.4.1.2 Identification des créneaux libres et compatibles sur LN1

Ce travail s'établit sur la base des grilles d'exploitation « grandes lignes » disponibles à la date de l'étude. Nous appuyons ici le travail de montage de grille 2020 sur la structure cadencée grande vitesse du SA2017 (« horizon 4 LN), déjà prise en compte pour les correspondances TGV – TER dans le projet de base.

L'identification des plages temporelles effectivement disponibles sur la LN1 entre la gare du Creusot TGV et la bifurcation de Montanay (immédiatement au nord de Lyon, point de connexion du NFL) tient compte des fenêtres libérées par les TAGV sortant de la LN1 au niveau de la bifurcation de Pasilly (dirigés ensuite sur PLM au niveau de Aisy-Montbard).

On applique ensuite sur ces créneaux d'opportunité une double contrainte :

- Le respect absolu des temps entre trains de même sens sur LN1 avec application du système d'espacement ERTMS-2 (3 mn entre 2 tra1ns) ;
- La marche du TAGV interconnecté avec vitesse d'insertion-retrait de 160 km/h (15 mn entre Creusot-TGV et Macon-TGV).

Ce travail est effectué pour les deux sens de circulation.

- dans le sens Nord→Sud, 5 créneaux de 8.5mn au total / deux heures sont identifiées, mais seuls 3 créneaux sont réellement exploitables (ci-dessous, horaire entrée LN au Creusot-TGV)

- n°1 : H_{paire} + 6.5 à +12 : utilisable car plage libre de 4.5 minutes ;
- n°2 : H_{paire} +23 à +24.5 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
- n°3 : H_{paire} + 41.5 à +42 : inutilisable car plage libre de 30 secondes uniquement ;
- n°4 : $H_{impaire}$ + 0.5 à +2 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
- n°5 : $H_{impaire}$ + 41.5 à +42 : inutilisable car plage libre de 30 secondes uniquement.

- dans le sens Sud-Nord, 4 créneaux de 10.5mn au total / deux heures sont identifiées, dont 3 effectivement exploitables (ci-dessous, horaire sortie LN au Creusot-TGV)
  - n°1 : H_{paire} + 17 à +18.5 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
  - n°2 : H_{paire} + 55 : inutilisable, car seconde unique de disponibilité
  - n°3 : $H_{impaire}$ + 17 à +18 : utilisable car plage libre de 1 minute
  - n°4 : $H_{impaire}$ + 46.5 à 54.5 : utilisable car plage libre de 8 minutes

Cette action permet de déterminer les accroches potentielles des TAGV d'interconnexion au niveau de la gare du Creusot TGV, et donc de tracer les sillons de ces TAGV sur PLM puis VFCEA (et inversement). Ci-après, les graphiques espace-temps d'identification des créneaux horaires sur LN1.

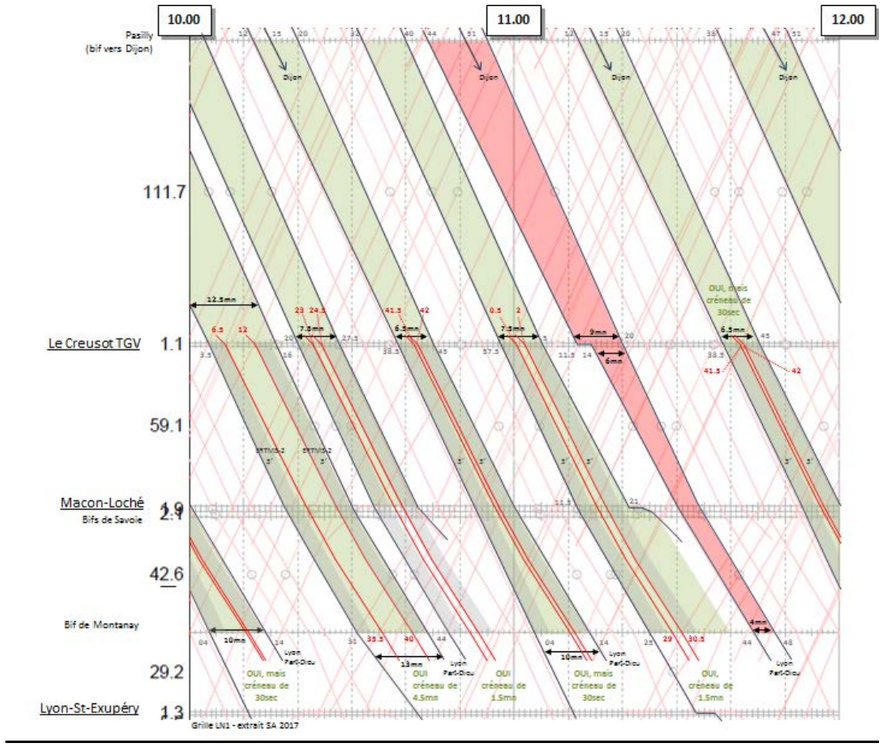


Figure 25 : graphiques espace-temps d'identification des créneaux horaires sur LN1

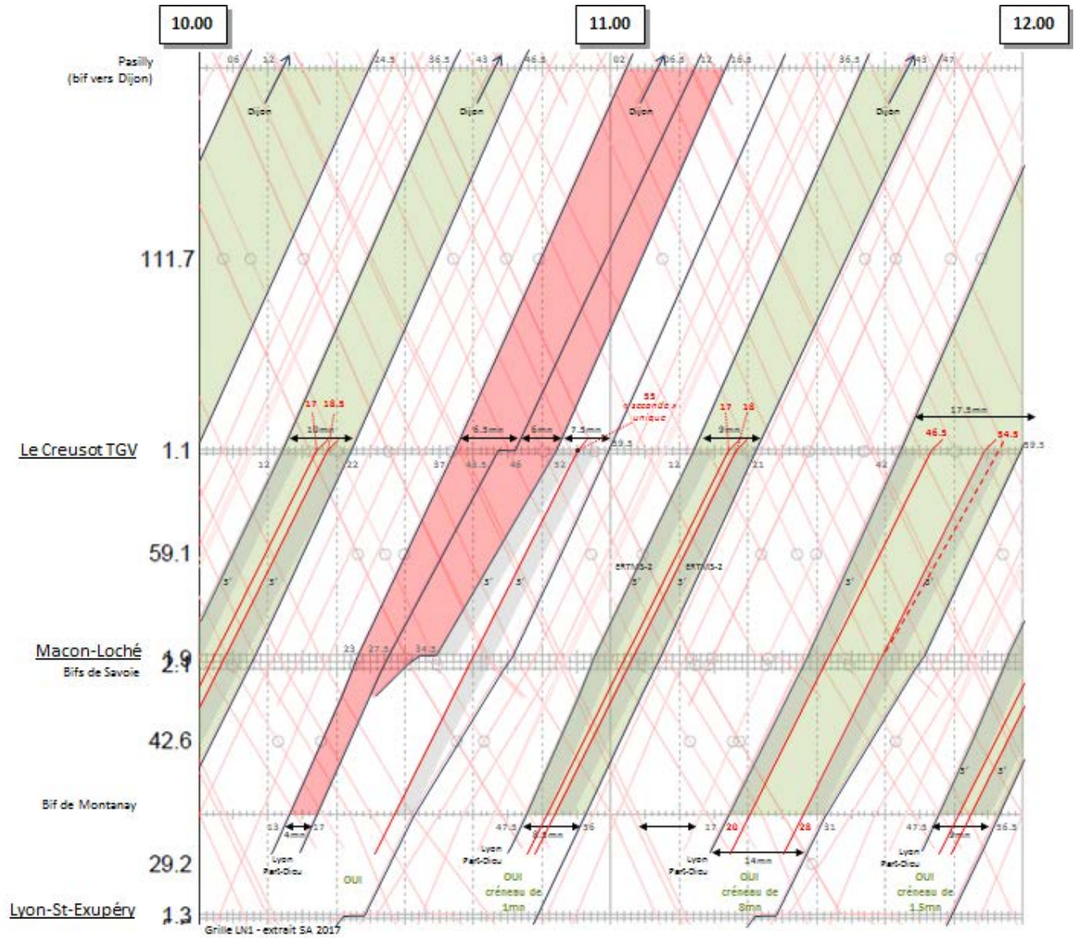


Figure 26 : graphiques espace-temps d'identification des créneaux horaires sur LN1

2.4.1.3 Insertion des TGV interconnectés sur lignes classiques

- **Temps de parcours du TAGV interconnecté Alsace → Sud-Est sur son nouvel itinéraire**

Cette phase est essentielle pour pouvoir tracer le sillon inédit PLM – VFCEA – LN1.

Sur PLM, reprise des temps de parcours actuels

- de Gevrey à Beaune : TDP du TGV Strasbourg – Lyon, car train sans arrêt sur PLM = 10.5 minutes ;
- de Beaune à Chagny bif-Nord : TDP du TER IC Dijon-Nevers (diminué de 1mn car le TGV d'interconnexion passe sans arrêt à Beaune) = 6 minutes ;
- de Chagny bif-Nord à Chagny bif-Ouest : TDP du TER IC Dijon-Nevers = 2 minutes.

Sur VFCEA, calculs spécifiques de temps de parcours

- de Chagny bif-Ouest à bif Rac Creusot-TER : calcul TDP sur base du TGV POS en UM2 = 12 minutes (accélération à 0.5 m/s²) ;
- de bif Rac Creusot-TER à la gare Creusot TER/TGV (équivalent du point d'injection sur LN1 dans l'attente de topo définitive) : approche itérative du TDP pour obtenir une montée en vitesse conforme à l'injection V160 sur LN1 = 2 minutes.

De cette manière, le temps de parcours optimal du TAGV sans arrêt entre Gevrey et le Creusot TGV est de 32 à 33 minutes. Ce temps de parcours optimal est repris dans les tests graphiques ultérieurs.

- **Analyse graphique – sens impair sur VFCEA (sud-nord)**

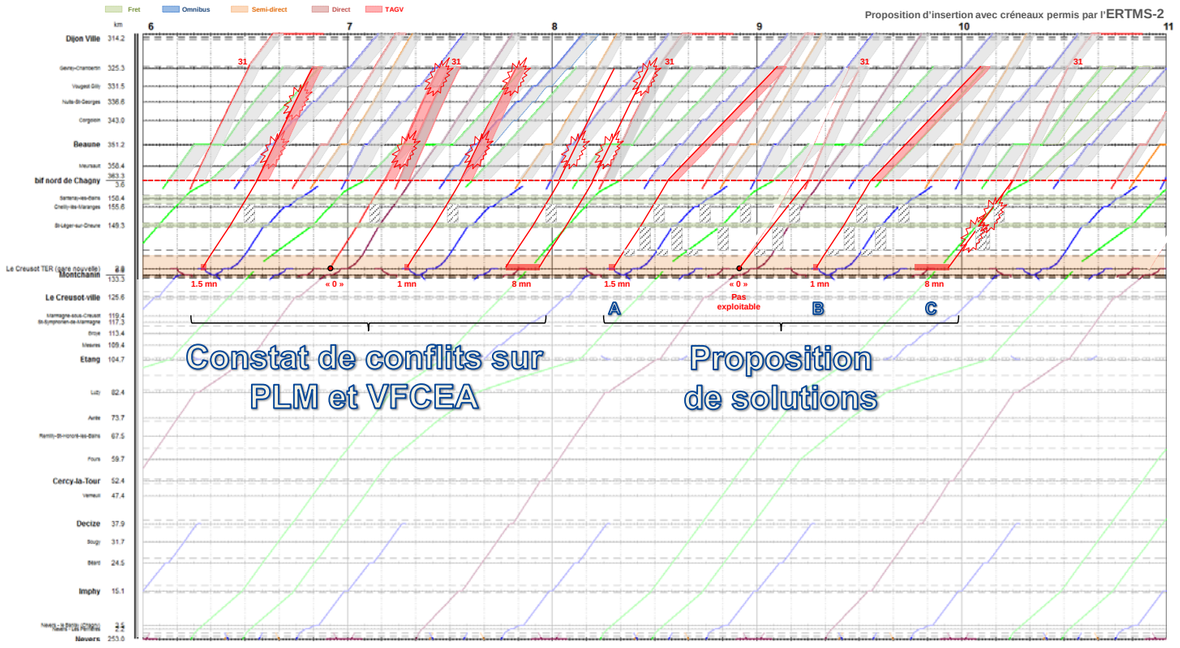


Figure 27 : Graphique espace-temps – variante 3 « TAGV interconnecté » sens sud-nord

A partir des accroches horaires LN1 identifiées à l'étape précédente, on teste tout d'abord le sillon TAGV en tracé optimal, c'est-à-dire avec le temps de parcours le plus fiable sur la base des calculs réalisés précédemment.

Les 3 créneaux sud-nord potentiels de LN1 servent de point d'injection du TAGV sur la ligne VFCEA. Pour chacun de ces créneaux, aucun conflit en ligne sur VFCEA n'est constaté.

Par contre, on projette dans les 3 cas des conflits de circulation sur la ligne PLM au-delà de Chagny. La ligne PLM se caractérise en effet dans les hypothèses d'offre par une « quasi saturation ». L'absence de sillons de respiration empêche le passage de toute circulation supplémentaire. Le TAGV pressenti entre en conflit systématiquement avec un TER omnibus Chalon-sur-Saône – Dijon, le train le plus lent de la ligne PLM.

Il n'est donc pas possible de concilier TAGV interconnecté rapide et grille TER préexistante. Cet échec est davantage lié à l'occupation de la ligne PLM qu'aux accroches LN1 elles-mêmes.

Des solutions existent néanmoins pour insérer le TAGV sud-nord sur la ligne classique, mais en déformant les sillons TER et/ou TAGV :

- Solution A : conservation d'une marche TAGV optimale entre Le Creusot-TGV et Chagny, puis domestication entre Chagny et Dijon-sud car TAGV derrière un omnibus + décalage de 1mn du TER MR suivant le TAGV pour assurer l'espacement ;
- Solution B : conservation d'une marche TAGV optimale entre Le Creusot-TGV et Chagny, puis domestication entre Chagny et Dijon-sud car TAGV derrière un omnibus (idem solution A), le tracé du TAGV entre Chagny et Dijon-sud implique la suppression du sillon Fret ;
- Solution C : légère domestication de la marche TAGV entre Le Creusot et Chagny pour permettre la récupération du sillon TAGV tracé initialement sur la ligne PLM, puis marche optimale (idem réticulaire 2014) entre Chagny et Dijon-sud, mais implique la résolution du conflit avec Fret Nevers-Dijon.

- **Analyse graphique – sens pair sur VFCEA (nord-sud)**

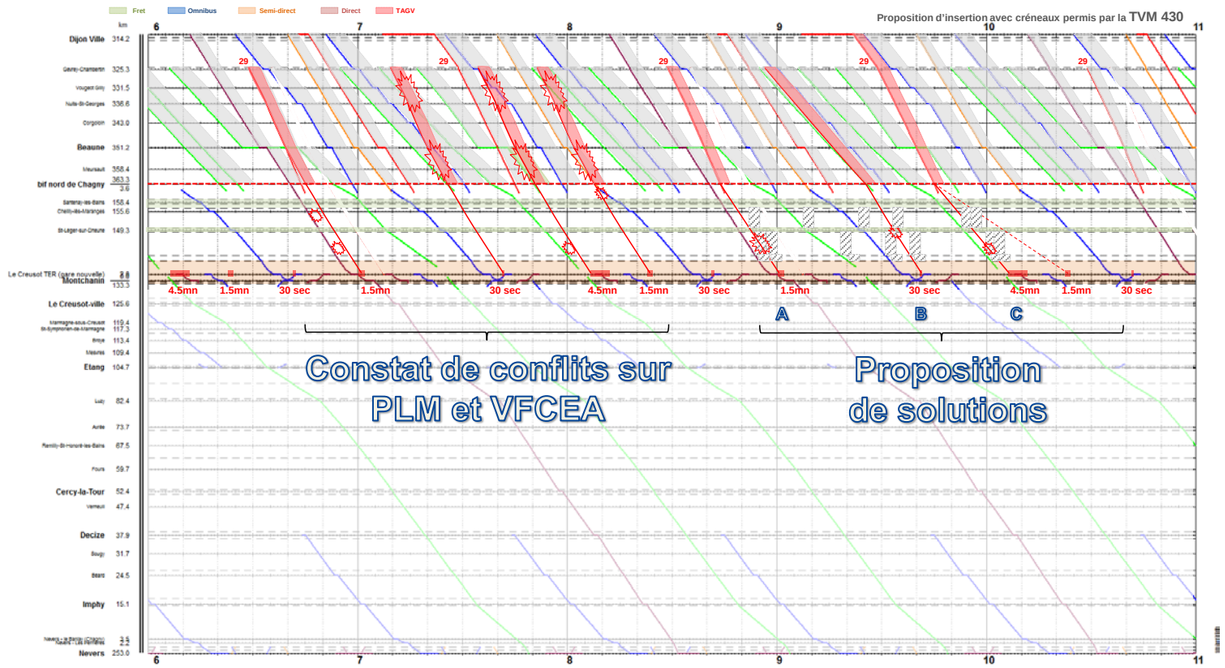


Figure 28 : Graphique espace-temps – variante 3 « TAGV interconnecté » sens nord-sud

A partir des accroches horaires LN1 identifiées à l'étape précédente, on teste tout d'abord le sillon TAGV en tracé optimal, c'est-à-dire avec le temps de parcours le plus fiable sur la base des calculs réalisés précédemment.

Les 3 créneaux nord-sud potentiels de LN1 servent de point d'injection du TAGV sur la LN1. Par conséquent, la circulation du TAGV sur PLM puis VFCEA doit être compatible avec ces fenêtres d'opportunité déduites précédemment. L'analyse proposée ici est à rebours du parcours du train.

Sur VFCEA, des conflits d'espacement sont identifiés entre TAGV et les autres trains déjà positionnés :

- entre le TER IC Dijon – Nevers et le TAGV entrant sur LN1 dans le créneau +0,5 / +2 ;
- entre le Fret Perigny – Nevers et le TAGV entrant sur LN1 dans le créneau +6,5 / +12.

Sur PLM, dans les 3 mêmes créneaux, les TAGV entrent en conflit avec la trame d'offre voyageurs et Fret très dense. Plus encore que pour le sens sud-nord, le sens nord-sud manque très nettement de sillons de respiration, et la grille préétablie à partir des hypothèses validées par la maîtrise d'ouvrage est quasiment saturée.

Il n'est donc pas possible de concilier TAGV interconnecté rapide et grille TER préexistante. Là encore, cet échec est davantage lié à l'occupation de la ligne PLM qu'aux accroches LN1 elles-mêmes.

Des solutions existent néanmoins pour insérer le TAGV sud-nord sur la ligne classique, mais en déformant les sillons TER et/ou TAGV :

- Solution A : conservation d'une marche TAGV optimale entre Dijon-sud et Chagny car reprise d'un sillon préalablement tracé (réticulaire 2014), puis légère domestication de la marche TAGV entre Chagny et Le Creusot-TGV. Mais persistance de conflits d'espacement entre TAGV et TER IC Dijon-Nevers entre Chagny et Le Creusot-TGV ;
- Solution B : la circulation du TAGV entre Dijon-sud et Chagny impose la suppression d'un sillon Fret sur PLM, ainsi qu'une marche domestiquée partiellement pour assurer l'heure de rendez-vous à Chagny, puis à nouveau une marche optimale entre Chagny et Le Creusot-TGV. Mais persistance de conflits d'espacement entre TAGV et TER PU Chalon-Montchanin entre Chagny et Le Creusot-TGV ;
- Solution C : maintien d'une marche TAGV optimale entre Dijon-sud et Chagny car reprise d'un sillon préalablement tracé (réticulaire 2014), puis nette domestication entre Chagny et Le Creusot-TGV. Le conflit d'espacement avec le sillon Fret Perrigny – Nevers impose la suppression de ce dernier.

- **Synthèse de la variante 3**

Nord → Sud **(Alsace → Lyon)**	- sur **LN1** : 5 créneaux existants pour insertion du TAGV Interconnecté, mais 3 réellement exploitables (≥ 1mn) - sur **PLM** : 2 créneaux / 3 sans impact sur la grille, reprise d'un sillon déjà tracé - sur **VFCEA** : 2 créneaux possibles sur PLM provoquent des conflits, arbitrage attendu sur suppression de sillons
Sud →Nord **(Lyon → Alsace)**	- sur **LN 1** : 4 créneaux existants pour insertion du TAGV Interconnecté, mais 3 réellement exploitables (≥ 1mn) - sur **VFCEA** : 2 créneaux / 3 sans impact sur la grille - sur **PLM** : 2 créneaux possibles de VFCEA provoquent des conflits dans la grille, arbitrage sur suppression Fret ou décalage MR
Compte tenu de la densité des circulations sur ligne classique, de la rareté des créneaux d'insertion sur LN 1 et de la disparité des marches rapides et lentes, il n'y a pas de solution d'insertion intuitive. Le passage du TAGV interconnecté s'accompagne d'impacts systématiques sur la grille préétablie.	

Tableau 2 : synthèse variante 3

Les solutions proposées dans les deux sens de circulation respectent de surcroît les contraintes, listées ici :

- interconnexion au Creusot avec maintien des accroches à Lyon-Part-Dieu ;
- les minutes de passage à Dijon-sud des missions TAGV « Alsace » sont compatibles avec l'insertion sur la ligne PLM.

Les temps de parcours évoluent ainsi :

- Temps de parcours inchangé sur PLM, avec une réutilisation de la marche préexistante et sillon initial idem réticulaire 2014 ;
- Sur VFCEA, temps de parcours « ralenti » par domestication de 4 à 7mn.

2.5 Variante 4 : triangle d'Ecuisses

Cette variante reprend tous les principes retenus pour le projet de base, tant pour l'offre ferroviaire voyageurs et fret que pour l'infrastructure. On ajoute juste à cette occasion une nouvelle gamme de trains interconnectés, profitant à la fois du raccordement TGV en gare du Creusot-TGV, et aussi d'un nouveau maillon dénommé « triangle d'Ecuisses ».

Des TAGV peuvent ainsi sortir de la LN1 au niveau de la gare du Creusot-TGV, puis emprunter les nouvelles voies de raccordement TGV + barreau d'Ecuisses pour se connecter à la ligne historique Nevers-Chagny, puis se diriger vers Nevers, puis d'autres villes du centre de la France.

Les TAGV interconnectés Sud-Est → Centre-France circulent en lieu et place des TAGV interconnectés Sud-Est → Alsace via LN RRBE. Dans cette variante, il n'y a donc pas de concurrence entre ces deux dessertes.

2.5.1 Reconstitution de la marche TAGV sur ligne VFCEA

Avant de procéder au test graphique, il convient de recomposer la marche de la rame grande vitesse circulant sur la ligne classique entre Le Creusot TGV et la gare de Nevers.

Les critères retenus pour le calcul de temps de parcours sont les suivants :

- la réutilisation des vitesses maximales autorisées de la marche V160 (source RT de la ligne) ;
- l'ajout d'un barreau de connexion entre le nouveau raccordement TER-TGV, et les abords de l'ancienne gare de St-Julien – Ecuisses ;
- une vitesse maximale du barreau d'Ecuisses de 120 km/h en théorie, mais l'obligation de respect de la vitesse de franchissement de l'appareil de voie à V60 sur la ligne VFCEA inférieure à la vitesse de la ligne (100 km/h entre St-Julien et Montchanin).

Le temps de parcours optimal du TAGV finalement calculé entre Le Creusot-TGV et Nevers est de **74 minutes**.

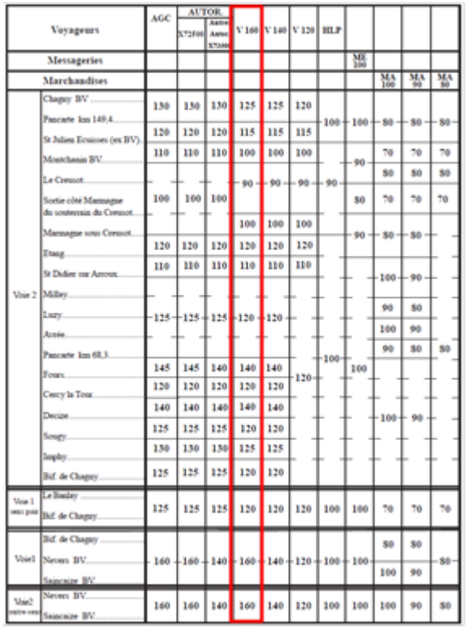


Figure 29 : extrait RT

2.5.1.1 Identification des créneaux libres et compatibles sur LN1

Les TAGV d'interconnexion réutilisent strictement les mêmes créneaux que ceux révélés en variante 3, puisque l'horizon temporel de réalisation de ce nouveau service interconnecté Sud-Est – Centre est sensiblement le même : l'horizon 2020. C'est donc bien la grille cadencée 2017 (dite 4 LN) à notre connaissance qui sert de base de travail.

Les créneaux identifiés sont les suivants

- dans le sens Nord-Sud, 5 créneaux de 8.5mn au total / deux heures sont identifiées, mais seuls 3 créneaux sont réellement exploitables (ci-dessous, horaire entrée LN au Creusot-TGV)
  - ➢ n°1 : H_{paire} + 6.5 à +12 : utilisable car plage libre de 4.5 minutes ;
  - ➢ n°2 : H_{paire} +23 à +24.5 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
  - ➢ n°3 : H_{paire} + 41.5 à +42 : inutilisable car plage libre de 30 secondes uniquement ;
  - ➢ n°4 : $H_{impaire}$ + 0.5 à +2 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
  - ➢ n°5 : $H_{impaire}$ + 41.5 à +42 : inutilisable car plage libre de 30 secondes uniquement.

- dans le sens Sud-Nord, 4 créneaux de 10.5mn au total / deux heures sont identifiées, dont 3 effectivement exploitables (ci-dessous, horaire sortie LN au Creusot-TGV) :
  - ➢ n°1 : H_{paire} + 17 à +18.5 : utilisable car plage libre de 1.5 minutes ;
  - ➢ n°2 : H_{paire} + 55 : inutilisable, car seconde unique de disponibilité ;
  - ➢ n°3 : $H_{impaire}$ + 17 à +18 : utilisable car plage libre de 1 minute ;
  - ➢ n°4 : $H_{impaire}$ + 46.5 à 54.5 : utilisable car plage libre de 8 minutes.

2.5.1.2 Insertion des TGV interconnectés sur lignes classiques

- **Analyse graphique – sens pair sur VFCEA (sud-nord sur LN1)**

Parmi les 3 créneaux utilisables en sortie de LN1 dans le sens sud-nord, un seul est réellement utilisable pour circulation sans encombre du TAGV d'interconnexion sur la ligne classique VFCEA : le créneau n°4 d'amplitude 8 minutes ($H_{impaire}$ + 46.5 à 54.5).

Le TAGV circule donc entre Le Creusot-TGV et Nevers en respectant une marche optimale (pas de domestication), tout en évitant les conflits de succession avec les autres trains (hormis le TER PU Autun → Etang dont l'arrivée à Etang devra être anticipée).

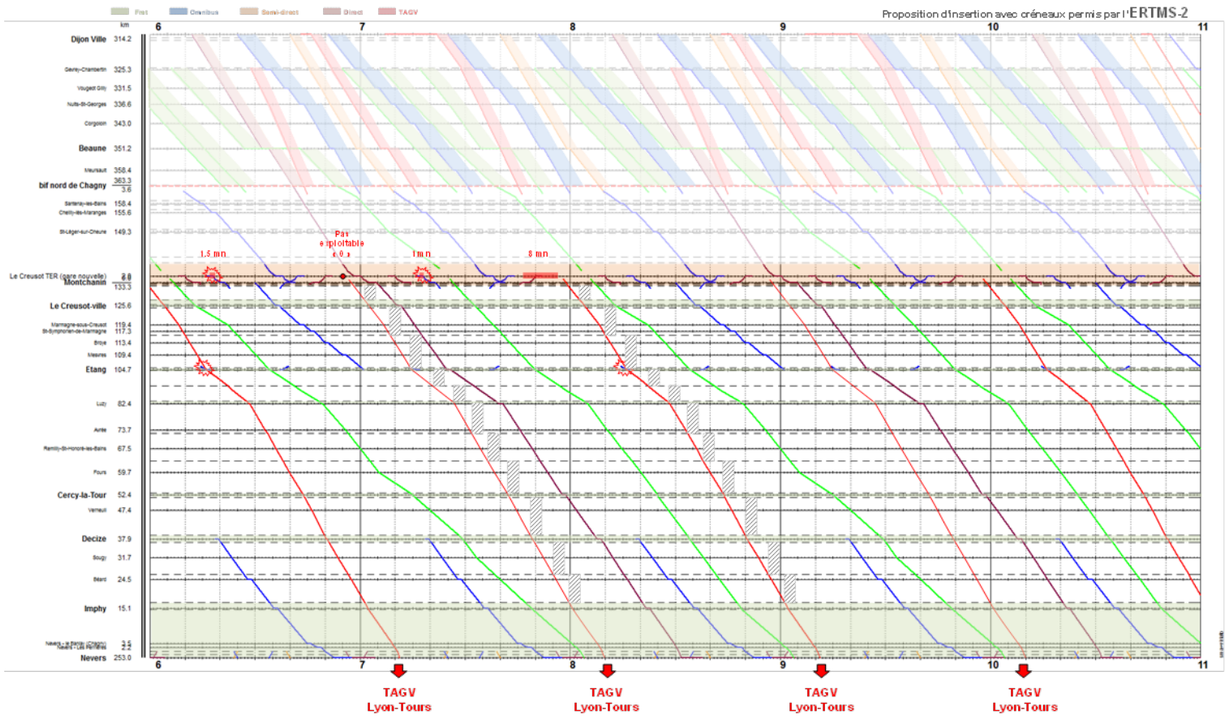


Figure 30 : Graphique espace-temps – variante 4 « triangle d'Ecuisses » sens sud-nord

- **Analyse graphique – sens impair sur VFCEA (nord-sud sur LN1)**

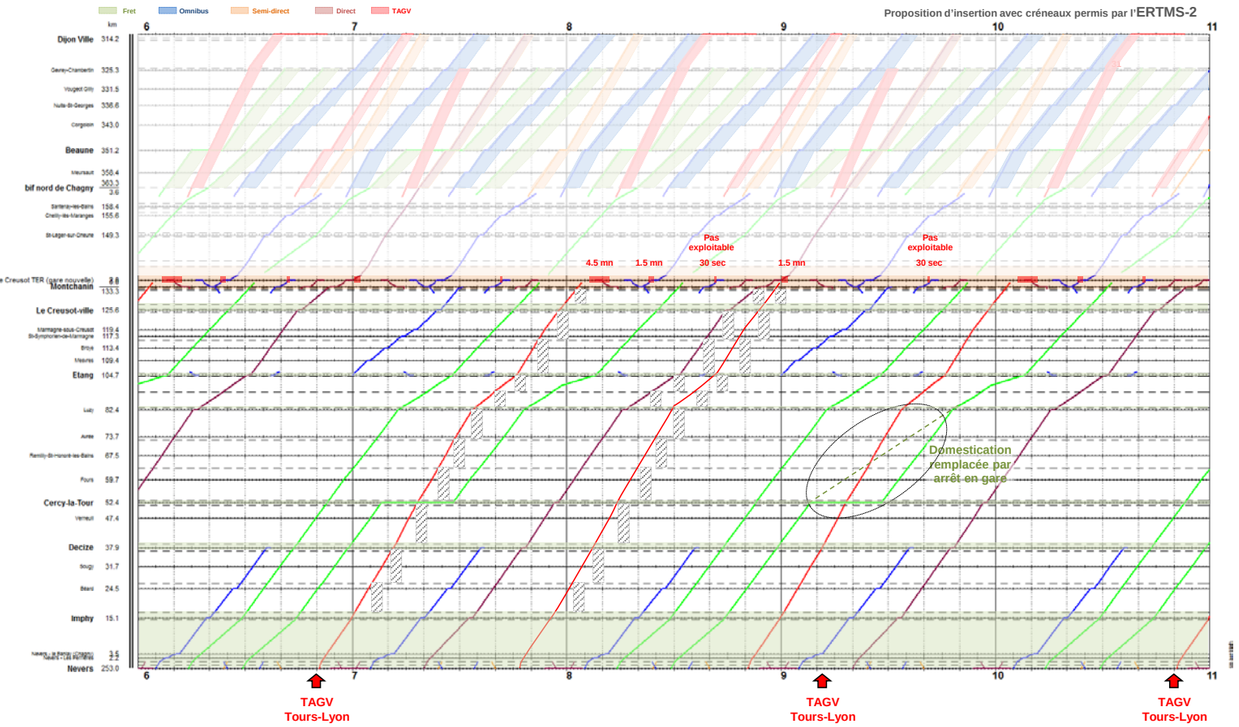


Figure 31 : Graphique espace-temps – variante 4 « triangle d'Ecuisses » sens nord-sud

Parmi les 3 créneaux utilisables en entrée de LN1 dans le sens nord-sud, 2 créneaux sont effectivement utilisables pour circulation sans encombre du TAGV d'interconnexion sur la ligne classique VFCEA :

- le créneau n°1 d'amplitude 5.5 minutes (H_{paire} + 6.5 à +12) ;
- le créneau n°4 d'amplitude 1.5 minutes ($H_{impaire}$ + 0.5 à +2).

Ces deux fenêtres d'opportunité autorisent une circulation optimale du TAGV d'interconnexion Centre – Sud-Est avec un temps de parcours sur ligne classique proche de la marche drapeau.

Il faut noter que seul le créneau n°4 s'accompagne d'une absence d'impact sur les autres sillons préétablis en projet de base. En effet, la circulation du TAGV dans le créneau n°1 impose une modification du sillon fret (dans le cas présent, le stationnement du convoi en gare de Cercy-la-Tour sur une voie de garage ou voie de service).

- **Synthèse de la variante 4**

Nord → Sud **(Nevers → Lyon)**	- sur **LN 1** : 5 créneaux existants pour insertion du TAGV Interconnecté, mais 3 réellement exploitables (≥ 1mn) - sur **VFCEA** : 2 créneaux / 3 réalisables, dont 1 sans impact sur les trains déjà placés dans la grille
Sud →Nord **(Lyon → Nevers)**	- sur **LN1** : 4 créneaux existants pour insertion du TAGV Interconnecté, mais 3 réellement exploitables (≥ 1mn) - sur **VFCEA** : 1 créneau / 3 réalisable, impact léger à Etang avec TER Autun, mais décalage envisageable
Contrairement à la variante 3, la variante 4 présente des solutions d'insertion immédiates, sans impacts majeurs sur la grille préétablie Creusot – Nevers du projet de base.	

Tableau 3 : synthèse variante 4

2.6 Variante 5 : voie supplémentaire de St-Léger-sur-Dheune

L'aménagement standard pressenti dans cette variante est une voie de garage centrale pour le stationnement statique des trains. Sa position centrale la rend accessible depuis les deux sens de circulation sans cisaillement,

La longueur utile de cette voie la rend également compatible avec des convois longs comme les trains de fret.

L'aménagement de cette 3ème voie pose d'emblée des questions sur la pérennité de la signalisation déjà en présence. On pourra en effet envisager un redécoupage du block BAPR, voire l'adoption du BAL sur la ligne classique dans une longue portion comprise entre Montchanin-Ville et la fin de la portion à 3 voies à l'Est de St-Léger-sur-Dheune. Or cette hypothèse de signalisation est prépondérante pour la construction des graphiques.

Mise en évidence graphique

A la suite de l'étude du projet de base, ainsi que des variantes 2, et 4, il est ici possible de donner un avis sur le bien-fondé de la 3ème voie de St-Léger-sur-Dheune :

- projet de base et variante 2 : la voie supplémentaire est inutile grâce à l'adoption de mesures d'exploitation : accélération du sillon Fret selon marche MA 100 optimisée ;
- variante 3 (TGV interconnecté) : conflit de succession avéré entre Fret et TGV dès la portion St-Léger-sur-Dheune - bif raccordement Creusot-TER ;
- variantes 4 : voie de dépassement inutile car absence de conflit à gérer.

On constate donc un faible intérêt de la voie de dépassement de St-Léger-sur-Dheune dans les différentes variantes. En parallèle, il semble davantage opportun de ménager des points de garage correctement étagés sur la ligne VFCEA, particulièrement entre Montchanin-Ville et Nevers, de manière à permettre des dépassements des trains lents par les trains rapides.

3. Conclusion

Le projet de base se caractérise par une très nette progression de l'offre des trains transitant à la fois par la ligne PLM d'une part, et par la ligne Nevers-Chagny d'autre part, par rapport à la situation actuelle (le service annuel 2013). Par conséquent, les conditions d'exploitation de tous les trains paraissent délicates, et devront faire la preuve de leur réalisation par un test de stabilité.

Nous alertons dès à présent la maîtrise d'ouvrage sur la très forte saturation de la ligne PLM. Dans le même temps, tous les trains de fret de la note d'hypothèse n'ont pu être placés dans la grille d'exploitation (dans les deux sens de circulation sur la ligne PLM).

L'exercice de positionnement horaire est donc très théorique, et un arbitrage strict devra être effectué dans les années prochaines lors de la construction de la grille opérationnelle, tant pour les circulations voyageurs que pour les trains de marchandises.

Sur la ligne VFCEA, les niveaux de trafic sont moins soutenus, mais la ligne est moins capacitaire du fait du maintien de la signalisation BAPR. Il est toutefois possible de concilier l'ensemble des trafics désignés en note d'hypothèse. Par contre, la structure strictement cadencée pourra être modifiée, au profit d'un meilleur écoulement des trafics fret.

La variante 2 présente une très faible évolution par rapport au projet de base (prolongement d'un service TER d'une inter-gare), ce qui ne modifie en rien les grandes orientations de positionnement horaire adoptées au préalable en projet de base.

La variante 3 teste des trains TAGV interconnectés effectuant le parcours Alsace – Sud-Est et transitant par la VFCEA entre Chagny et le Creusot TGV. L'insertion de ces trains a des conséquences d'exploitation importantes : domestication des sillons TAGV par rapport à la marche optimale, et nécessaire adaptation des grilles PLM et VFCEA préétablies. La réalisation effective de ces services est aussi nettement conditionnée par la charge réelle sur la ligne PLM entre Gevrey et Chagny.

La variante 4 teste des trains TAGV interconnectés effectuant le parcours Centre – Sud-Est, et transitant par la ligne VFCEA entre Nevers et le Creusot-TGV. L'insertion de ces trains est davantage facilitée car la ligne VFCEA dispose de réserves de capacités, malgré le maintien de la signalisation BAPR. Par ailleurs, les impacts sont limités sur la grille préétablie en projet de base.

Pour les variantes 3 et 4 relatives à l'interconnexion ligne classique / ligne nouvelle, il faut noter les opportunités limitées de circulation du TAGV sur la ligne nouvelle, et la très forte détermination de ces créneaux sur l'insertion en ligne classique. Par ailleurs, en cas de circulation combinée des TAGV Strasbourg-Lyon avec les TAGV Tours-Lyon, une articulation adéquate devra être dégagée, ces deux relations revendiquant les mêmes fenêtres d'insertion sur ligne nouvelle.

La variante 5 consistant dans une voie supplémentaire dédiée au garage à proximité de la gare de St-Léger-sur-Dheune montre moins d'avantages. En effet, des mesures ciblées d'exploitation peuvent permettre de concilier toutes les natures de trafic, dans le projet de base et les variantes préalablement décrites. Par ailleurs, les nœuds encadrants de Montchanin-Ville et Chagny présentent de nombreuses voies de service potentiellement mobilisables pour le garage des trains fret. **L'idée d'une voie de garage est par contre potentiellement cruciale dans d'autres points de la ligne VFCEA (s'assurer de l'existence de garages fret de longueur suffisante accessibles dans les deux sens de circulation, dans des points de jalonnement réguliers de la ligne à confirmer). Ce point pourra être étudié en phase AVP.**

Les aménagements sur la ligne seront confirmés par l'étude ultérieure des scénarios, réalisée au cours de la phase 4 de la présente étude préliminaire de modernisation de la ligne Nevers-Chagny pour la VFCEA.

3.1 Table des figures

Figure 1 : Les variantes 5
Figure 2 : Graphique espace-temps de la situation actuelle (SA 2012), pas de modernisation de l'infrastructure 6
Figure 3 : méthodologie de montage de la grille Chagny-Nevers 7
Figure 4 : Graphique espace-temps LN1 / identification du TAGV desservant Le Creusot TGV (SA 2017) 7
Figure 5 : synthèse des principes de correspondances en gare du Creusot TER/TGV 8
Figure 6 : Graphique espace-temps entre Dijon et Chalon-sur-Saône (sens impair) 8
Figure 7 : Visualisation graphique des sillons TER en correspondance en gare du Creusot TER/TGV (sens pair ligne Nevers-Chagny) 10
Figure 8 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers via ligne VFCEA (sens pair sur ligne n°760 000) 10
Figure 9 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers via ligne VFCEA 11
Figure 10 : Diagramme vitesse-distance Chagny-Sougy / modélisation de temps de parcours (train drapeau) 12
Figure 11 : Graphique espace-temps entre Chagny et Nevers (sens pair) – priorité voyageurs 13
Figure 12 : Graphique espace-temps entre Chagny et Nevers (sens pair) – priorité fret 13
Figure 13 : Graphique espace-temps entre Chalon-sur-Saône et Dijon (sens pair) 14
Figure 14 : Itinéraires sécants en gare de Chagny et normes de tracé horaires dans cette gare 14
Figure 15 : Visualisation graphique des sillons TER en correspondance en gare du Creusot TER/TGV (sens impair ligne Nevers-Chagny) 15
Figure 16 : Graphique espace-temps entre Nevers et Chagny (sens impair) – priorité fret 15
Figure 17 : Graphique espace-temps centré sur la gare de Creusot TER/TGV – occupation des voies de gare 16
Figure 18 : Positionnement possible des trains dans la gare-type à 4 voies 16
Figure 19 : Graphique espace-temps centré sur la gare de Creusot TER/TGV – occupation des voies du raccordement 16
Figure 20 : modifications du schéma d'infrastructures ferroviaires 17
Figure 21 : Graphique espace-temps entre Dijon et Nevers – variante 2 17
Figure 22 : aménagements Creusot-Ville 18
Figure 23 : contraintes sur le montage de la grille Chagny-Nevers 18
Figure 24 : TGV interconnectés 19
Figure 25 : graphiques espace-temps d'identification des créneaux horaires sur LN1 20
Figure 26 : graphiques espace-temps d'identification des créneaux horaires sur LN1 20
Figure 27 : Graphique espace-temps – variante 3 « TAGV interconnecté » sens sud-nord 21
Figure 28 : Graphique espace-temps – variante 3 « TAGV interconnecté » sens nord-sud 22
Figure 29 : extrait RT 23
Figure 30 : Graphique espace-temps – variante 4 « triangle d'Ecuisses » sens sud-nord 24
Figure 31 : Graphique espace-temps – variante 4 « triangle d'Ecuisses » sens nord-sud 25

3.2 Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau de synthèse des temps de parcours (SA 2013 / train drapeau) 12
Tableau 2 : synthèse variante 3 23
Tableau 3 : synthèse variante 4 26