



|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

### Validation du document

| REDACTION   | APPROBATION  |
|---|--|
| V BOUVY<br>G. LE BIHAN<br>F PIEDNOIR<br>S GATTET<br>C GROBOST<br>O HODE | L OMOBONI<br>D GENEVEY<br>C CHATENET<br>F. BONNAUD |

### Historique des modifications du document

| Date       | Version | Modification                            | Auteur    |
|------------|---------|---|-----------|
| 02/09/2013 | A       | Création du document                    | V BOUVY   |
| 14/01/2015 | B       | Reprises suite aux remarques de RFF BFC | F.BONNAUD |
|            |         |   |           |

## Sommaire

|       |   |    |       |   |    |
|-------|---|----|-------|---|----|
| 1     | Introduction.....                           | 7  | 3.6.3 | Analyse technique .....   | 58 |
| 1.1   | Le contexte .....                           | 7  | 3.7   | Passages à niveau .....   | 59 |
| 1.2   | Les objectifs de l'étude préliminaire ..... | 7  | 3.8   | Déploiement du GSM-R .....  | 59 |
| 2     | Analyse fonctionnelle.....                  | 8  | 3.8.1 | Fonctionnalités .....   | 59 |
| 2.1   | Rappel des études antérieures.....          | 8  | 3.8.2 | Hypothèses .....  | 59 |
| 2.2   | Fonctionnalités attendues.....              | 8  | 3.8.3 | Analyse technique .....   | 59 |
| 2.3   | Définition des fuseaux .....                | 10 | 3.9   | Les variantes d'aménagement .....   | 60 |
| 2.3.1 | Rappel du contexte .....                    | 10 | 3.9.1 | Variante 1 : électrification partielle .....  | 60 |
| 2.3.2 | Recherche des fuseaux.....                  | 10 | 3.9.2 | Variante 2 : voie voyageur à quai en tiroir à la gare de Creusot-Ville .....  | 62 |
| 2.3.3 | Fuseau Est.....                             | 12 | 3.9.3 | Variante 3 : Raccordement TAGV/TER au Nord de la gare TGV du Creusot.....   | 63 |
| 2.3.4 | Fuseau Ouest.....                           | 14 | 3.9.4 | Variante 4 : raccordement en triangle à Ecuisses .....  | 69 |
| 2.3.5 | Comparaison des fuseaux Est et Ouest .....  | 16 | 3.9.5 | Variante 5 : voie de dépassement à Saint-Léger-sur-Dheune.....  | 72 |
| 3     | Analyse technique du programme de base..... | 18 | 3.9.6 | Variante 7 : Electrification de Montceau à Montchanin.....  | 73 |
| 3.1   | Les éléments du programme de base .....     | 18 | 4     | Mesures environnementales .....   | 74 |
| 3.2   | Tracé de base : affiner les fuseaux .....   | 18 | 4.1   | Analyse de l'impact de l'électrification de la ligne existante et mesures proposées.....  | 74 |
| 3.2.1 | Fonctionnalités .....                       | 18 | 4.1.1 | Impacts sur le milieu physiques et mesures proposées .....  | 74 |
| 3.2.2 | Hypothèses .....                            | 19 | 4.1.2 | Impacts sur le milieu naturel et mesures proposées .....  | 74 |
| 3.2.3 | Analyse technique .....                     | 19 | 4.1.3 | Impacts potentiels de l'électrification de la ligne et mesures proposées.....   | 74 |
| 3.3   | Energie.....                                | 32 | 4.1.4 | Impacts potentiels de l'implantation des sous-stations électriques et mesures proposées.....  | 75 |
| 3.3.1 | Fonctionnalités .....                       | 32 | 4.2   | Analyse de l'impact environnemental de la mise en œuvre d'un équipement GSM-R et mesures proposées.....                             | 77 |
| 3.3.2 | Hypothèses .....                            | 32 | 4.3   | Analyse de l'impact environnemental des raccordements (TER et LGV) et de la création d'une gare nouvelle et mesures proposées ..... | 77 |
| 3.3.3 | Analyse technique .....                     | 32 | 4.4   | Analyse de l'impact environnemental du raccordement TGV strict .....  | 78 |
| 3.4   | Ouvrages d'art .....                        | 40 | 5     | Annexes .....   | 80 |
| 3.4.1 | Fonctionnalités .....                       | 40 | 5.1   | Electrification en Bourgogne et Franche-Comté .....   | 80 |
| 3.4.2 | Hypothèses .....                            | 40 | 5.2   | Tableau des données ouvrages d'art.....   | 81 |
| 3.4.3 | Analyse technique .....                     | 40 | 5.3   | Enjeux environnementaux des zones d'implantation des sous-stations.....   | 83 |
| 3.5   | Voie ferrée .....                           | 53 |       |   |    |
| 3.5.1 | Fonctionnalités : .....                     | 53 |       |   |    |
| 3.5.2 | Hypothèses : .....                          | 53 |       |   |    |
| 3.5.3 | Analyse technique .....                     | 53 |       |   |    |
| 3.6   | Signalisation.....                          | 58 |       |   |    |
| 3.6.1 | Fonctionnalités .....                       | 58 |       |   |    |
| 3.6.2 | Hypothèses .....                            | 58 |       |   |    |

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## Tables des figures et tableaux

|  |                                    |   |                                    |
|--|------------------------------------|---|------------------------------------|
| Figure 1 : Schéma fonctionnel de la gare à l'Ouest.....                                      | 9                                  | Figure 35 : Extrait de la carte réseau électrifié (source RFF 2011) .....                               | 34                                 |
| Figure 2 : Schéma fonctionnel de la gare à l'Ouest.....                                      | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> | Figure 36 : Carte d'électrification du réseau ferré de Bourgogne et Franche-Comté 2011 .....            | 35                                 |
| Figure 4 : Schéma fonctionnel de la gare à l'est .....                                       | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> | Figure 37 : Emplacement géographique des SST en 1*25Kv .....  | 37                                 |
| Figure 5 : Périmètre rapproché de l'étude d'insertion des fuseaux.....                       | 10                                 | Figure 38 : Synoptique des emplacements des SST et des sectionnements en électrification 1*25kV..       | 37                                 |
| Figure 6 : position gare TER à l'est par rapport à la gare TGV du Creusot .....              | 12                                 | Figure 39 : Emplacement géographique des SST en 2*25Kv .....  | 38                                 |
| Figure 7 : Position des sections de séparation sur gare à l'Est .....                        | 12                                 | Figure 40 : Synoptique des emplacements des SST et des sectionnements en électrification 2*25kV..       | 38                                 |
| Figure 8 : Fuseau des tracés à 120 km/h pour gare à l'est (Fond IGN).....                    | 13                                 | Figure 42 : PRO cadre du Pk 134+265 .....   | 42                                 |
| Figure 9 : position gare TER – ouest par rapport aux quais TGV® .....                        | 14                                 | Figure 43 : Epaisseur moyenne du parement maçonné (sondage 1977) .....                                  | 45                                 |
| Figure 10 : position des sections de séparation .....  | 14                                 | Figure 44 : Extrait de note de calcul de l'époque de construction du tablier métallique du PRA 71+82750 | 50                                 |
| Figure 11 : Fuseau des tracés à 120 km/h pour gare à l'ouest (Fond IGN) ....                 | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> | Figure 45 : Extrait des justifications de la note de calcul du tablier métallique du PRA 71+827.....    | 50                                 |
| Figure 12 : Comparaison entre les deux fuseaux (Fond IGN) .....                              | 16                                 | Figure 46 : Extrait du relevé MAUZIN analysé de la ligne (Source RFF).....                              | 57                                 |
| Figure 13 : Photo aérienne de la situation actuelle (Source Géoportail).....                 | 18                                 | Figure 47 : Plan de voie au niveau de la gare de Creusot-Ville.....                                     | 62                                 |
| Figure 15 : Vitesses limites de la ligne Chagny-Nevers (Source Fond RFF) .....               | 19                                 | Figure 48 : Synthèse des aménagements de la variante Creusot-Ville .....                                | 62                                 |
| Figure 16 : Tracé en plan de la solution Est.....  | 20                                 | Figure 49 : Tracé en plan du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Est.....                | 63                                 |
| Figure 17 : Schéma synoptique de la gare à l'Est.....  | 21                                 | Figure 50 : Schématisation du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Est.....               | 64                                 |
| Figure 18 : reprise partielle de la voie travaux (Fond Orthophoto RFF).....                  | 21                                 | Figure 51 : Profil en long de la bretelle de sortie de la LN1 .....                                     | 65                                 |
| Figure 19 : Carte de relief au niveau du périmètre approché (Fond IGN Géoportail) .....      | 22                                 | Figure 52 : Profil en long de la bretelle d'entrée à la LN1 .....                                       | 65                                 |
| Figure 20 : Zoom sur les viaducs de la solution Est (Fond IGN) .....                         | 23                                 | Figure 53 : Implantation des sections de séparation .....   | 65                                 |
| Figure 21 : Profil en long du viaduc 1.....  | 23                                 | Figure 54 : Implantation des sections de séparation .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure 22 : Zoom sur la gare TER à l'est (fond Orthophoto RFF).....                          | 24                                 | Figure 56 : Schématisation du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Ouest.....             | 66                                 |
| Figure 23 : profil en long des nouveaux quais.....   | 24                                 | Figure 58 : Profil en long de la bretelle d'entrée à la LN1 .....                                       | 67                                 |
| Figure 24 : Tracé en plan de la solution à l'est (Fond IGN) .....                            | 25                                 | Figure 59 : modifications du schéma d'infrastructures ferroviaires .....                                | 67                                 |
| Figure 25 : Synthèse des principaux aménagements du tracé à l'est (Fond orthophoto RFF)..... | 26                                 | Figure 60 : Implantation des sections de séparation .....   | 69                                 |
| Figure 26 : Tracé en plan de la solution Ouest .....   | 27                                 | Figure 60 : Implantation des sections de séparation .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure 27 : Schéma synoptique de la gare à l'Ouest.....                                      | 27                                 | Figure 62 : Schématisation du scénario de base complété par les variantes 3 et 4 .....                  | 70                                 |
| Figure 28 : Zoom sur le viaduc double voie de la solution Ouest (Fond IGN).....              | 28                                 | Figure 63 : Tracé en plan du scénario de base complété par les variantes 3 et 4 .....                   | 71                                 |
| Figure 29 : Profil en long au niveau du viaduc .....   | 28                                 | Figure 64 : Schématisation du scénario de base complété par les variantes 3 et 4 .....                  | 71                                 |
| Figure 30 : Zoom sur la gare de la solution Ouest (Fond Orthophoto RFF).....                 | 29                                 | Figure 65 : Photo aérienne de Saint-Léger-sur-Dheune datant de 1963 (Géoportail).....                   | 72                                 |
| Figure 31 : Profil en long des nouveaux quais .....  | 29                                 | Figure 66 : Carte d'électrification du réseau ferré de Bourgogne et Franche-Comté 2011 .....            | 80                                 |
| Figure 32 : Tracé en plan de la solution à l'ouest (Fond IGN) .....                          | 30                                 | Figure 67 : Liste des données d'entrée pour les PRO (Source FICOA, 31/12/09) .....                      | 81                                 |
| Figure 33 : Synthèse des aménagements pour la solution ouest (Fond orthophoto RFF) .....     | 31                                 |   |                                    |
| Figure 34 : Ligne à électrifier et sous-stations proches (source RFF) .....                  | 32                                 |   |                                    |

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

|  |           |
|--|-----------|
| Tableau 1 : Analyse multicritères des variantes Gare à l'Est/l'Ouest.....  | 17        |
| Tableau 2 : Valeurs limites des éléments du profil en long .....   | 19        |
| Tableau 3 : valeurs limites des éléments du tracé en plan.....   | 20        |
| Tableau 4 : Emplacement des sous-stations .....  | 33        |
| Tableau 5 : Types de caténaires.....   | 39        |
| <b>Tableau 6 : Caractéristiques de la caténaire type 85 .....</b>  | <b>39</b> |
| Tableau 7 : extrait annexe 2B de l'IN 0166 - hauteur libre.....  | 41        |
| Tableau 8 : synthèse des PRO par type en fonction de leur hauteur libre existante.....   | 43        |
| * : plusieurs interceptions classiques (quelques heures à chaque fois) pour les phases transitoires (travaux sur les culées).....    | 43        |
| Tableau 9 : Programme de travaux pour les PRO .....  | 43        |
| Tableau 10 : synthèse des PRA par nature et par classe de charge à l'essieu .....  | 48        |
| Tableau 11 : synthèse des PRA par nature et par année de construction.....   | 49        |
| Tableau 12 : Décomposition des PRA C4 par nature, par portée et année de construction .....  | 49        |
| Tableau 13 : Bilan des données d'entrée par nature et par année.....   | 51        |
| Tableau 14 : Synthèse des préconisations de justification et de travaux par nature d'OA, âge et portée .....                         | 52        |
| Tableau 15 : Extrait de l'annexe 1 (armement de la voie) de l'IN 2542.....   | 54        |
| Tableau 16: caractéristiques techniques de l'armement spécifique à la charge D4.....   | 55        |
| <b>Tableau 17 : Synthèse des travaux et des zones de travaux pour la charge D4- Travaux relatifs à la mise au gabarit GB 1 .....</b> | <b>56</b> |
| Tableau 18 : Synthèse des principaux travaux de voie relatifs à la mise au gabarit GB1 .....   | 56        |
| Tableau 19 : Synthèse des travaux de voie (GB1+D4) par Pk.....   | 57        |
| Tableau 20 : Liste des données d'entrée pour les PRA .....   | 82        |

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## Glossaire

|   |   |
|---|---|
| <b>ADV</b> : Appareil de voie ;                                   | <b>RR</b> : Renouvellement de rails ;                     |
| <b>AT</b> : Autotransformateur ;                                  | <b>RT</b> : Renouvellement de traverses ;                 |
| <b>BN</b> : Barre normale ;                                       | <b>RTE</b> : Réseau de transport d'électricité ;          |
| <b>BSC</b> : Base station controller.                             | <b>RVB</b> : renouvellement de voie et ballast ;          |
| <b>BTS</b> : Base transceiver station ;                           | <b>SDM</b> : Saut de mouton ;                             |
| <b>BV</b> : Bâtiment voyageurs ;                                  | <b>SEL</b> : section élémentaire ;                        |
| <b>CdPA</b> : Câble de protection aérien ;                        | <b>SST</b> : sous-station ;                               |
| <b>CdTE</b> : Câble de terre enterré ;                            | <b>STI</b> : Spécification technique d'interopérabilité ; |
| <b>CdV</b> : Circuit de voie ;                                    | <b>TB</b> : Traverse en bois ;                            |
| <b>EALÉ</b> : Équipement d'alimentation des lignes électrifiées ; | <b>TBA</b> : Traverse en béton ;                          |
| <b>ERDF</b> : Électricité Réseau Distribution France ;            | <b>TPE</b> : tablier à poutrelles enrobées ;              |
| <b>ERTMS</b> : European rail traffic management system;           |   |
| <b>GID</b> : Gestionnaire délégué de l'infrastructure ;           |   |
| <b>Gopeq</b> : Grande opération programmée équivalente ;          |   |
| <b>GRD</b> : Chemin de grandes randonnées ;                       |   |
| <b>GSM-R</b> : Global system for communication for railways;      |   |
| <b>IFTE</b> : Installations fixes de traction électrique ;        |   |
| <b>ITI</b> : Instruction technique interministérielle ;           |   |
| <b>KVB</b> : Contrôle de vitesse par balises ;                    |   |
| <b>LC</b> : Ligne classique ;                                     |   |
| <b>LN1</b> : Ligne Nouvelle 1 (LGV Sud-Est) ;                     |   |
| <b>LRS</b> : Long rail soudé ;                                    |   |
| <b>MR</b> : Matériel roulant ;                                    |   |
| <b>OA</b> : Ouvrage d'art ;                                       |   |
| <b>PAR</b> : Poste d'aiguillage et de régulation ;                |   |
| <b>Pk</b> : Point kilométrique ;                                  |   |
| <b>PLM</b> : Ligne Paris-Lyon à Marseille ;                       |   |
| <b>PMP</b> : Poste de mise en parallèle ;                         |   |
| <b>PN</b> : Passage à niveau ;                                    |   |
| <b>PRa</b> : Pont-rail ;  |   |
| <b>PRo</b> : Pont-route ;   |   |
| <b>PRS</b> : Poste tout relais à transit souple ;                 |   |
| <b>PS</b> : Passage souterrain ;                                  |   |
| <b>PSMP</b> : Poste de sectionnement et de mise en parallèle ;    |   |
| <b>PV</b> : Procès-verbal ;                                       |   |
| <b>RB</b> : Renouvellement de ballast ;                           |   |
| <b>Rel</b> : Relevage ;   |   |
| <b>RFF</b> : Réseau ferré de France ;                             |   |

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## 1 Introduction

### 1.1 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.

### 1.2 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 scénarii.

**Le présent rapport constitue le rendu de la phase 3 : l'analyse des aménagements.**

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## 2 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle porte sur la création d'un raccordement permettant la desserte de la nouvelle gare TER au niveau du Creusot TGV. Deux localisations sont envisageables pour cette nouvelle gare TER, qui pourrait être positionnée soit à l'est, soit à l'ouest des voies de la LN1.

### 2.1 Rappel des études antérieures

Le projet de base comprend la création du **raccordement permettant de desservir la gare nouvelle TER au Creusot TGV depuis la ligne classique Chagny – Nevers**.

Plusieurs approches ont été retenues pour l'étude de ce raccordement lors des précédentes études.

- L'Etude d'interconnexion et fonctionnalités menée en 2012 par **TTK**, envisageait une déviation TER de 3km de voies nouvelles avec des rayons de courbure, suffisants pour des TER qui marquent l'arrêt en gare du Creusot ;
- L'étude **Inexia**, prévoyait une ligne à voie unique nouvelle longue de 6 km davantage conçu pour le passage de TGV ne marquant pas l'arrêt en gare du Creusot TGV.

Lors du COTECH du 15/04/2013, il a été décidé que le raccordement permettant de desservir la nouvelle gare TER depuis la ligne classique devait préserver l'insertion des variantes suivantes :

- Création de l'interconnexion Ligne Nouvelle / Ligne Classique à hauteur du Creusot TGV, permettant ainsi l'insertion sur la LN 1 des TAGV Rhin-Rhône en provenance/à destination de la PLM, **via un raccordement sur les voies déviées avec pour objectif d'obtenir une vitesse maximale d'insertion des TAGV (160km/h) sur les voies principales** (variante 3) ;
- Création du Triangle à Ecuisses permettant des circulations ferroviaires est / ouest, comme des missions Lyon – Nantes, par la ligne Chagny – Nevers (variante 4).

Ce choix conduit à écarter le scénario 80 km/h qui n'est pas pertinent au vu des fonctionnalités recherchées (à l'échelle du Rhin Rhône dans sa globalité).

En outre, il a été décidé que les solutions intégrant des voies mixtes TER/TGV impactant la LN1 devaient être écartées.

L'analyse du tracé du raccordement permettant de desservir la gare TER devra donc répondre à ces objectifs et exigences.

### 2.2 Fonctionnalités attendues

Le programme technique a été établi pour répondre à l'ensemble des fonctionnalités attendues :

- Fonctionnalités liées à la LGV :
  - Une vitesse d'insertion sur les voies principales de la LN1 à 160km/h ;
  - Les TGV ne font pas arrêt systématique à la gare de Creusot TGV ;

- Fonctionnalités ligne classique :

- 4 voies à quai de 150 ml ;
- Des quais TER dédiés pour chaque sens de circulation ;
- Un échange de voyageurs optimisé, position de la gare TER cohérente avec la gare LGV ;

- Autres fonctionnalités :

- La conservation de la fonctionnalité de la voie dédiée aux trains de travaux, accessible depuis le réseau ferré national conventionnel par le pont-rail enjambant les voies de la LN1 au sud de la gare TGV.

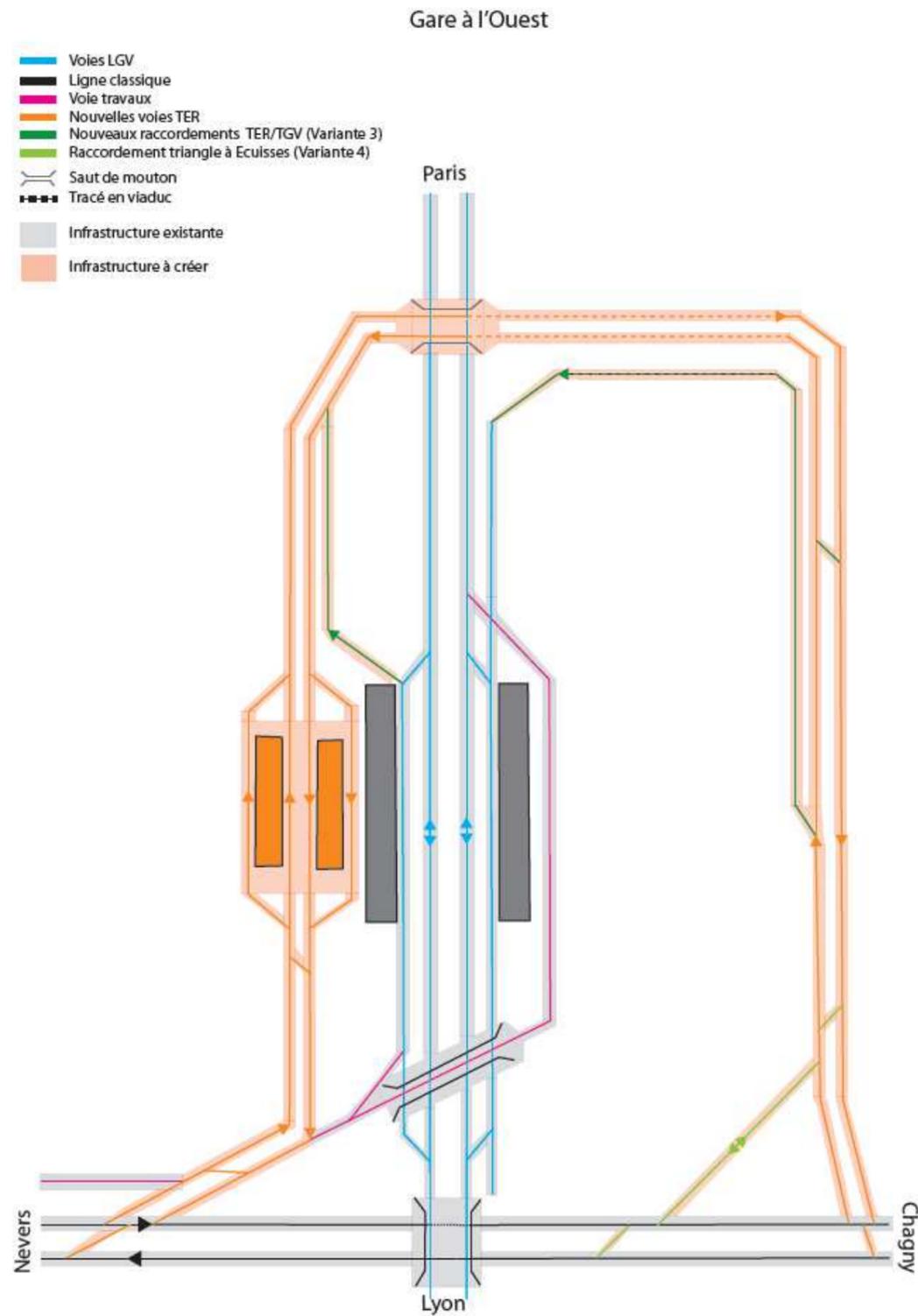


Figure 1 : Schéma fonctionnel de la gare à l'Ouest

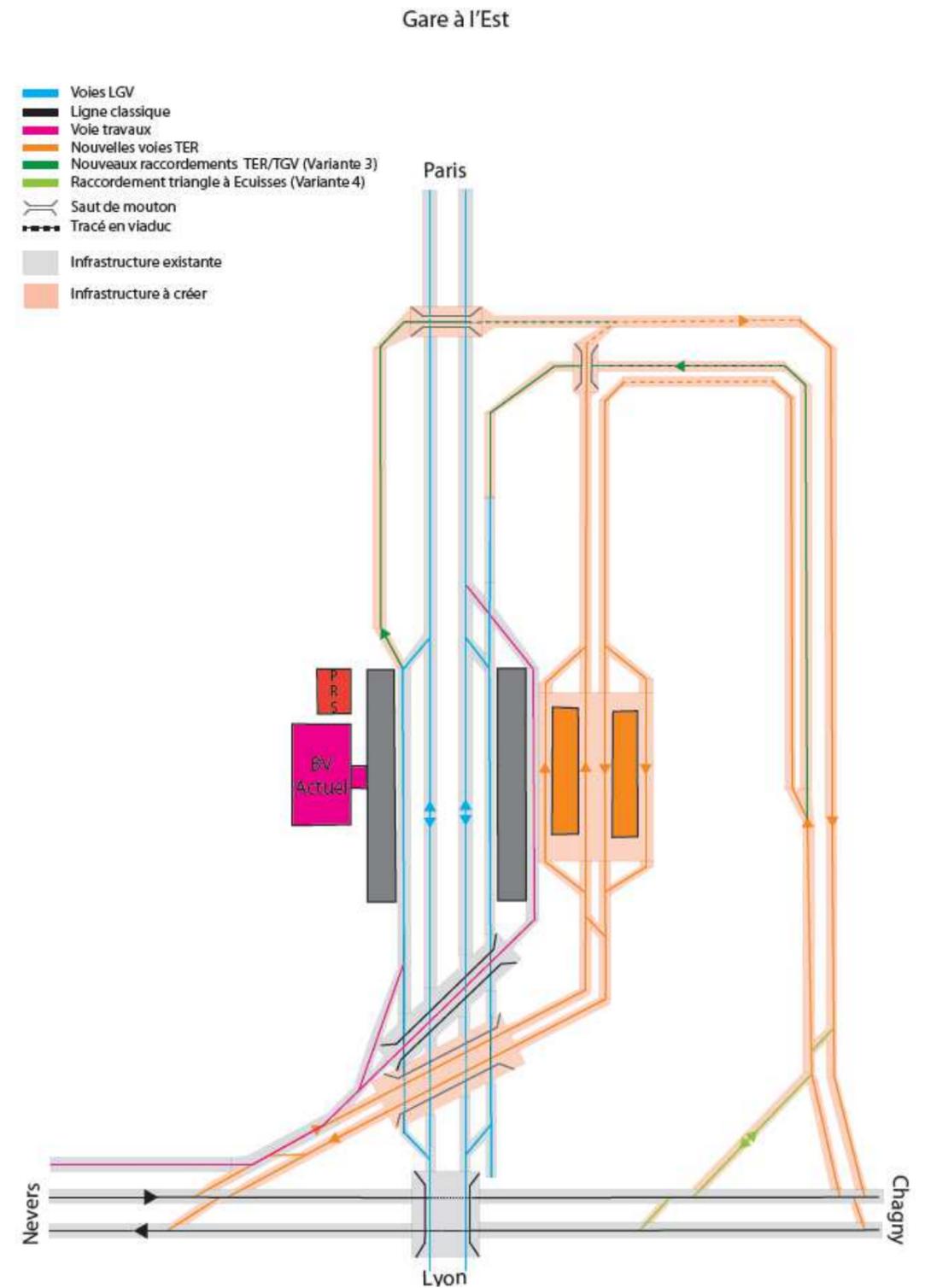


Figure 2 : Schéma fonctionnel de la gare à l'Est

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## 2.3 Définition des fuseaux

### 2.3.1 Rappel du contexte

Pour rappel, le périmètre rapproché dans lequel s'inscrivent ces fuseaux possède une topographie très contrainte.

Le périmètre rapproché est localisé dans le massif du Morvan, il présente des reliefs vallonnés culminant à 346 m au niveau du bois de Fauches.

Du point de vue des eaux superficielles, le périmètre rapproché est surtout marqué par la présence de l'Etang de Montaubry. On constate également la présence de nombreux petits points d'eau complémentaires et d'écoulement temporaires qui s'écoulent en direction de l'étang de Montaubry.

Plusieurs corridors de déplacements (ou corridors intérieurs) sont identifiés entre les boisements (données trame verte et bleue).

Si les prairies et milieux ouverts prédominent toujours, on note une forte proportion d'espace boisé en plein centre du périmètre rapproché sur environ 4 km, au nord de la voie ferrée.

Les zones urbaines d'Écuisses et de Saint-Julien-sur-Dheune s'étendent le long de la voie ferrée Nevers-Chagny.

Le périmètre d'étude rapproché est inclus dans l'entité du Charolais, ce périmètre est marqué :

- à l'ouest et au sud par les voies ferrées ;
- au nord-est par le vaste étang de Montaubry ;
- dans la partie centrale par des boisements.

Quelques habitations sont dispersées sur le territoire.

Les parcelles agricoles sont délimitées par une trame bocagère discontinue.

En outre sont recensés sur ce périmètre, des sites liés à des activités de tourisme et de loisirs :

- l'ancienne tuilerie Perruson sur la commune d'Écuisses, monument historique inscrit ;
- le GR76D ;
- le lac de Montaubry.

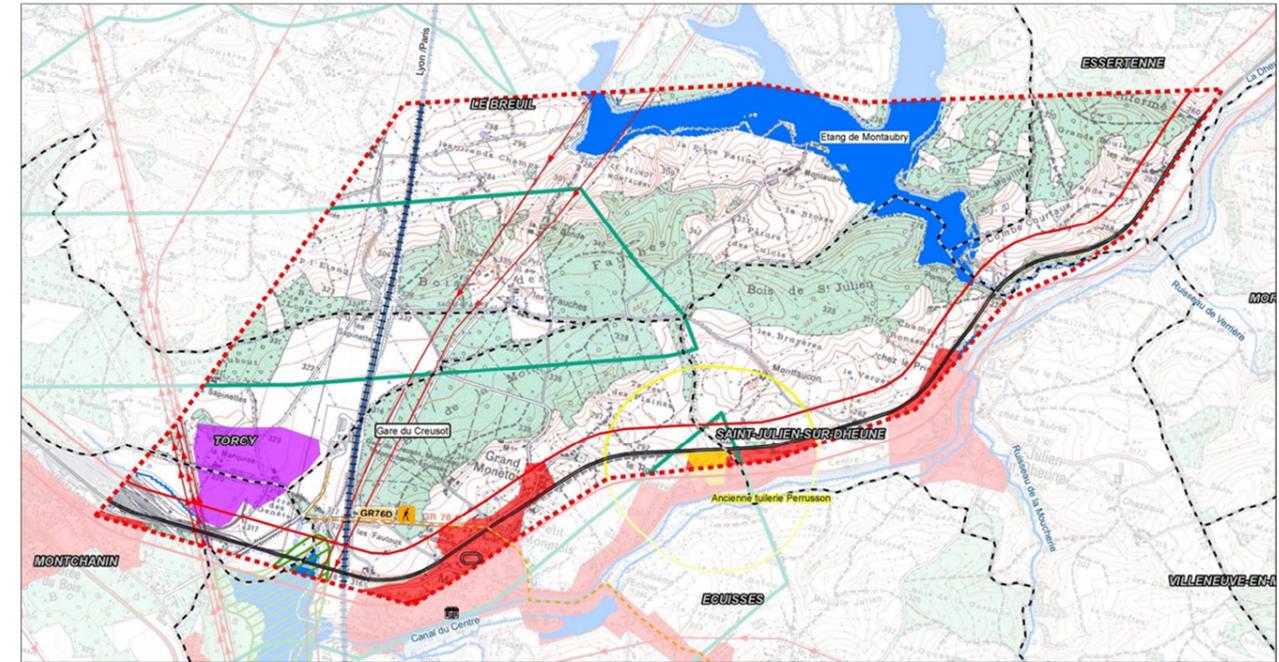


Figure 3 : Périmètre rapproché de l'étude d'insertion des fuseaux

### 2.3.2 Recherche des fuseaux

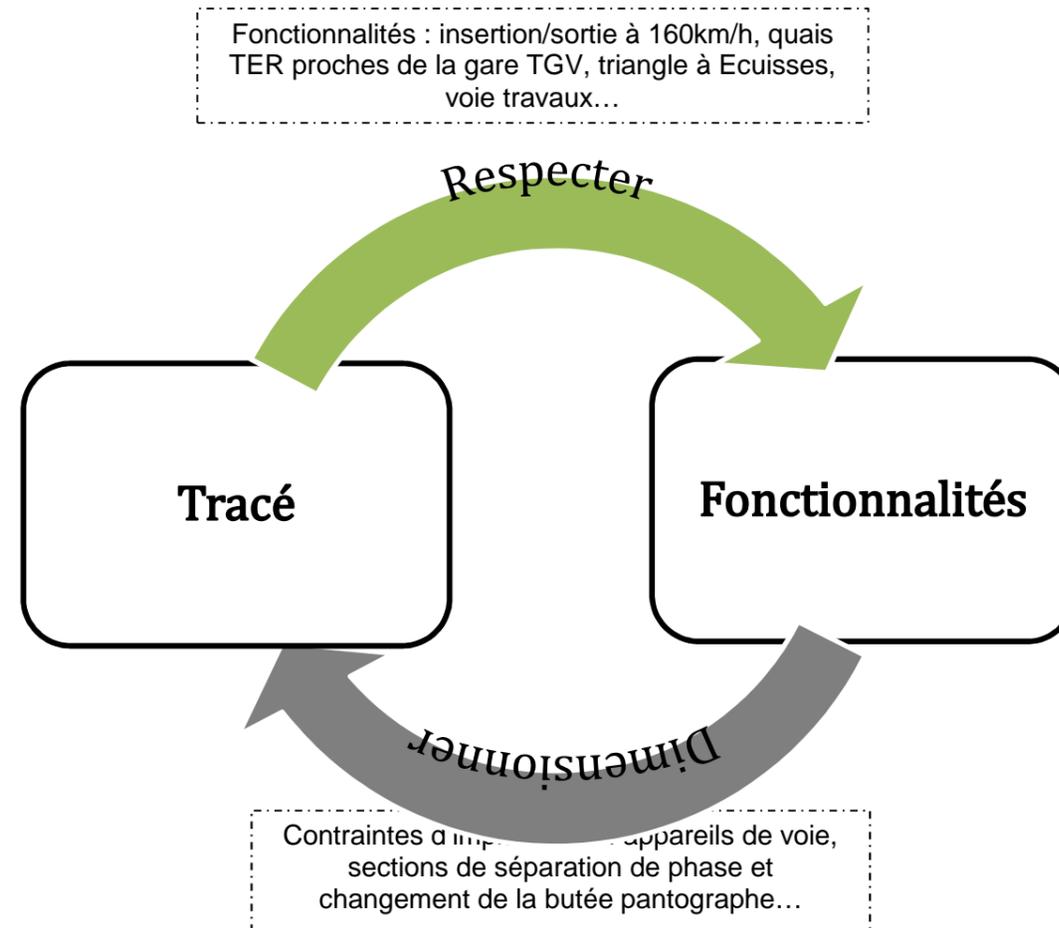
La recherche des fuseaux pour le raccordement doit concilier deux objectifs contradictoires :

- Compacité du raccordement commun aux TER et aux TAGV ;
- Vitesse maximale d'insertion et la sortie des TAGV sur/de la LN1.

L'élaboration des fuseaux a fait l'objet de plusieurs itérations entre les fonctionnalités recherchées et les contraintes d'implantation :

- Vitesse du tracé **vs** contraintes topographiques et d'exploitation ;
- Compacité du tracé **vs** implantation des sections de séparation de phase (25kV TER®/TGV®) ;
- Vitesse maximale d'insertion et de sortie **vs** compacité du tracé
- Echange facilité de voyageurs **vs** contrainte d'implantation des quais et des appareils de voie à l'entrée de la gare ;
- Implantation des appareils de voie **vs** besoins liés à l'exploitation.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |



Les différentes itérations ont conduit à faire les choix suivants :

- Dissocier les voies LGV/TER sur une partie des raccordements pour arbitrer entre la compacité et l'implantation des sections de séparation ;
- Réduire la vitesse d'entrée sur le triangle d'Ecuisses vers Nevers pour arbitrer implantation d'appareils de voie et sections de séparation ;
- Concevoir un raccordement à double voies pour faciliter l'exploitation ;
- Prévoir des communications au Sud de la nouvelle gare TER du Creusot TGV pour les trains de/vers la ligne de Paray-le-Monial effectuant leur terminus ;
- Orienter les raccordements LGV (mais qui sont banalisables sous conditions).

### 2.3.3 Fuseau Est

Les principales caractéristiques du fuseau Est :

- Vitesse du raccordement :
  - Raccordement conçu à V120 km/h pour insertion sur les voies principales de la LN1 à 160 km/h ;
  - Triangle d'Ecuisses : vitesse 100 / 120 km/h.
- Linéaires de raccordement :
  - LC (jaune) : 11 000 ml ;
  - LGV (vert foncé) : 3 200 ml ;
  - Triangle à Ecuisses (vert clair) : 1 075 ml.
- Ouvrages d'art :
  - 1 viaduc à voie unique d'environ 825 ml ;
  - 1 viaduc à double voie d'environ 615 ml ;
  - 1 viaduc (branchement) 270 ml ;
  - 1 saut de mouton sur la LN1 au Nord ;
  - 1 saut de mouton sur le raccordement LGV 1 ;
  - Création d'un ouvrage à double franchissement de la LN1 au Sud ;
  - Prolongement du passage souterrain existant pour accéder aux quais TER.

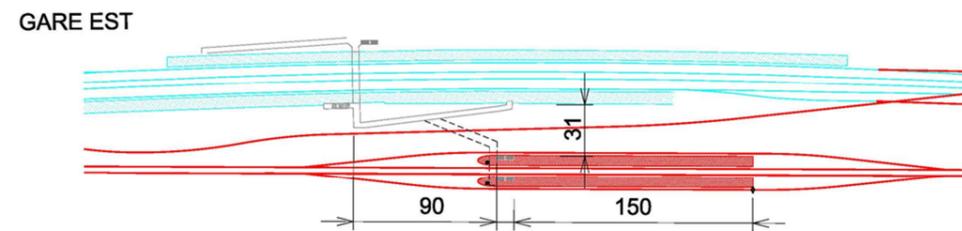


Figure 4 : position gare TER à l'est par rapport à la gare TGV du Creusot

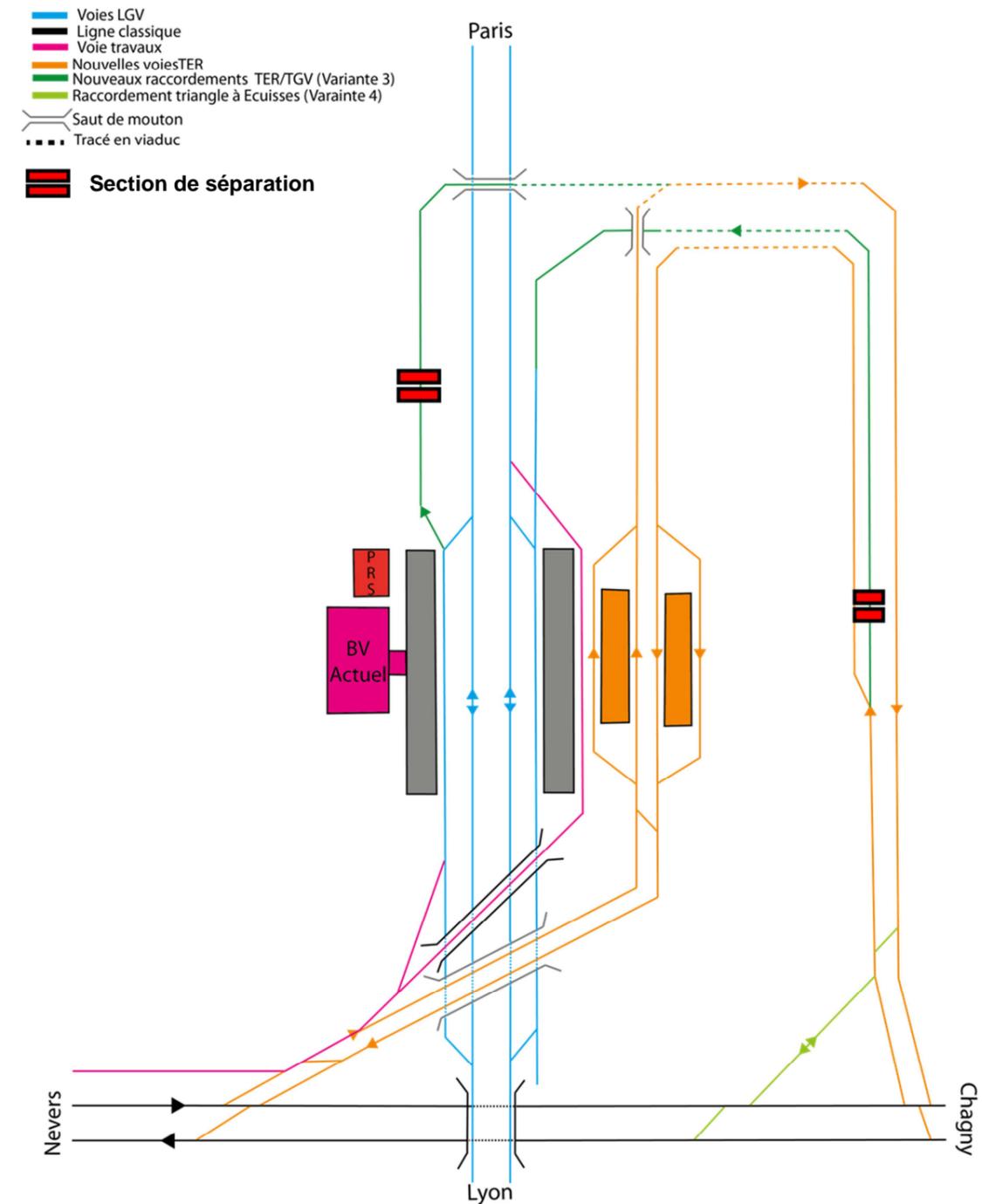


Figure 5 : Position des sections de séparation sur gare à l'Est

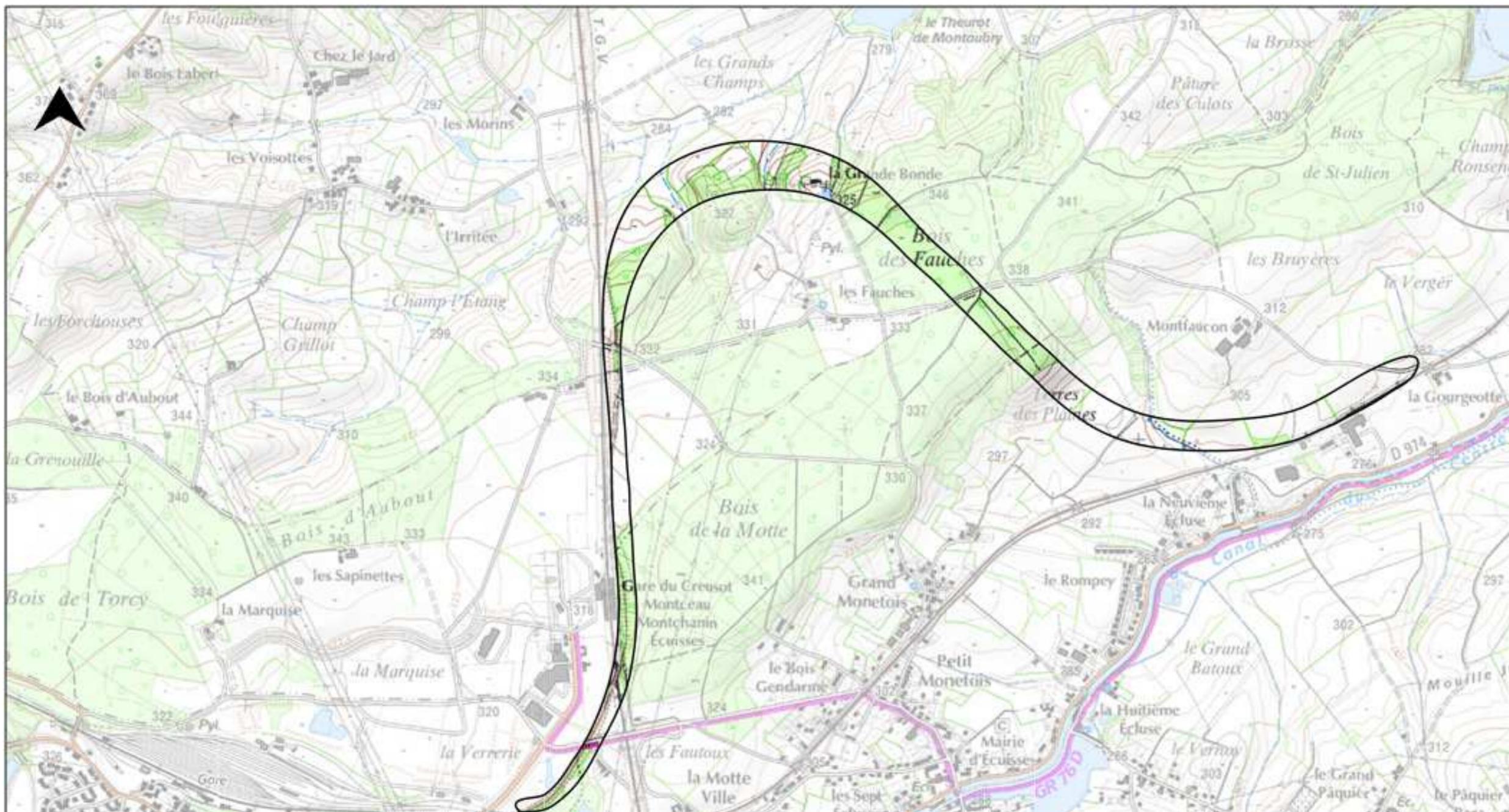


Figure 6 : Fuseau des tracés à 120 km/h pour gare à l'est (Fond IGN)

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 2.3.4 Fuseau Ouest

Les principales caractéristiques du fuseau Ouest :

- Vitesse du raccordement :
  - Raccordement conçu à V120 km/h pour insertion sur les voies principales de la LN1 à 160 km/h ;
  - Triangle d'Ecuisses : vitesse 100 / 120 km/h.
- Linéaires de raccordement :
  - LC (jaune) : 12 000 ml ;
  - LGV (vert foncé) : 3 130 ml ;
  - Triangle à Ecuisses (vert clair) : 1 280 ml.
- Ouvrages d'art :
  - 1 viaduc à voie unique d'environ 1245 ml ;
  - 1 viaduc à double voie d'environ 1140 ml ;
  - 1 saut de mouton à double voie sur la LN1 au Nord.
- Eléments dimensionnant:
  - Déplacement du PRS de la LN1 ;
  - Démolition et reconstruction d'un BV.

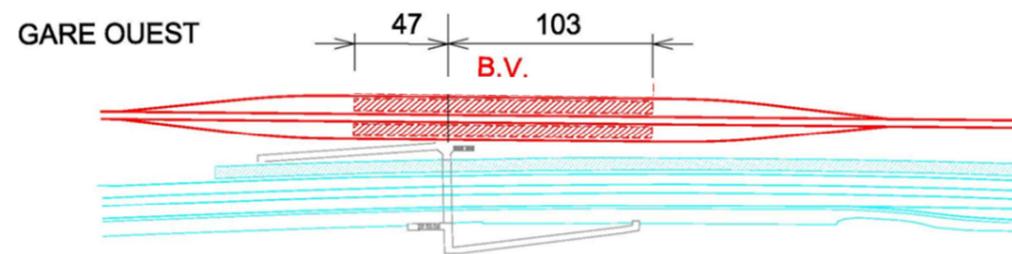


Figure 7 : position gare TER – ouest par rapport aux quais TGV®

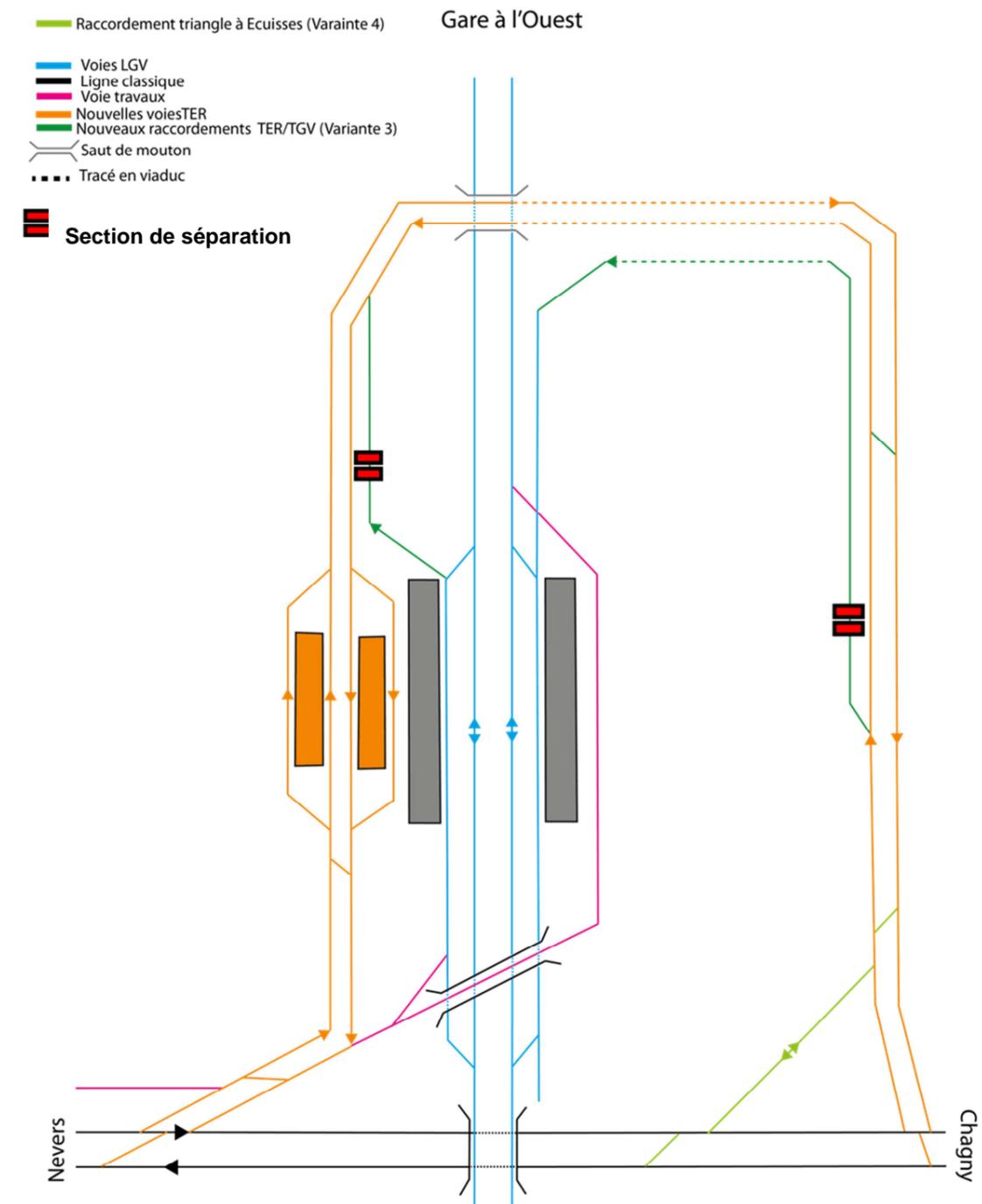


Figure 8 : position des sections de séparation

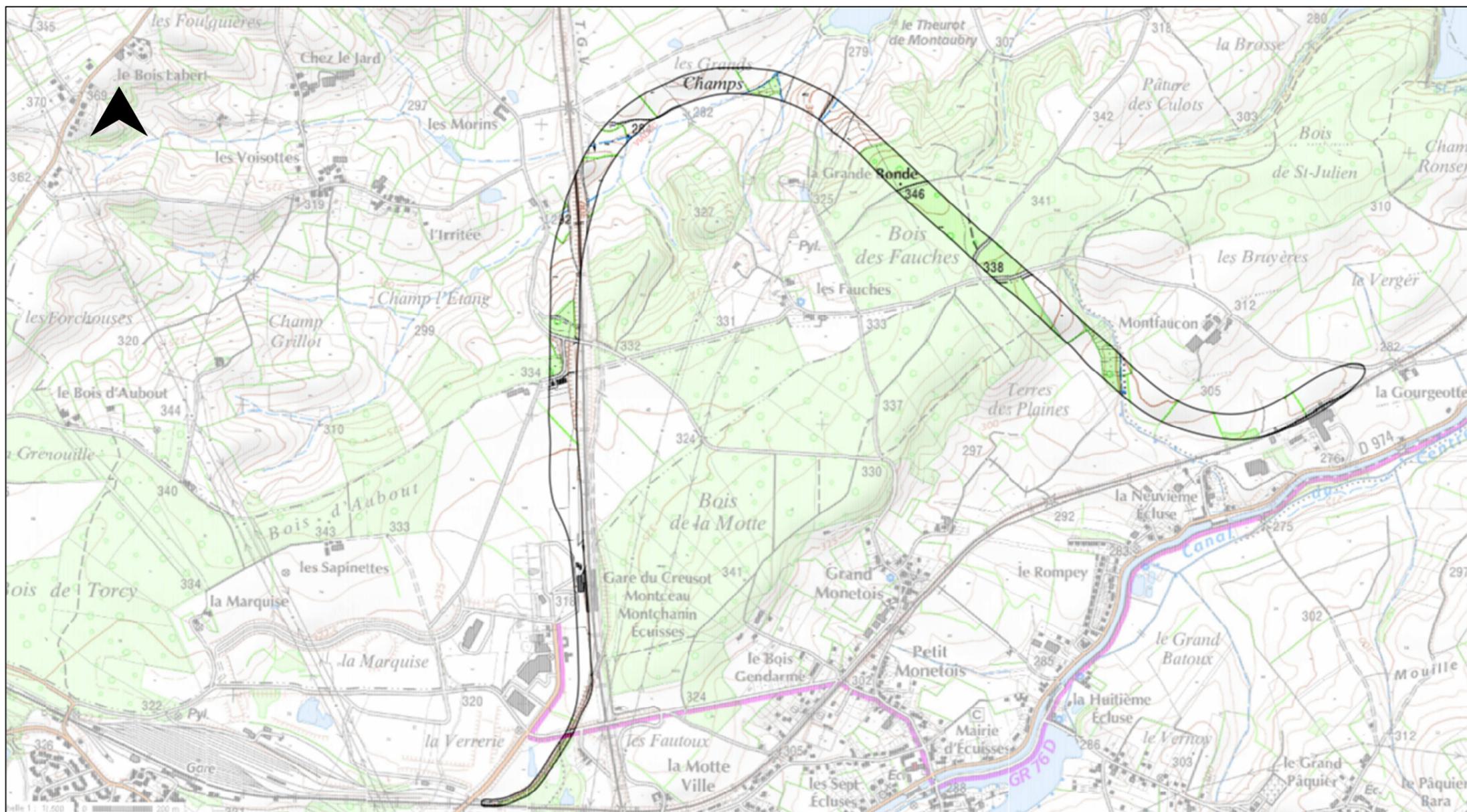


Figure 11 : Fuseau des tracés à 120 km/h pour gare à l'ouest (Fond IGN)

### 2.3.5 Comparaison des fuseaux Est et Ouest

Les raccordements, dimensionnés à une vitesse de V120 nécessitent d'importants ouvrages d'arts de type viaduc qui ont un impact financier conséquent.

Le scénario « gare à l'Est » est moins consommateur d'ouvrages d'art (même si l'actuel pont rail situé au Sud de l'actuelle gare n'est pas réutilisable) mais la correspondance TER/TGV est moins immédiate.

Le scénario « gare à l'Ouest » positionné plus au Nord nécessite un linéaire d'infrastructure plus long (plus 1 km), un programme d'ouvrages plus conséquent, le déplacement du poste de signalisation (PRS) de la LN1 et la démolition et reconstruction de l'actuel bâtiment pour voyageurs.

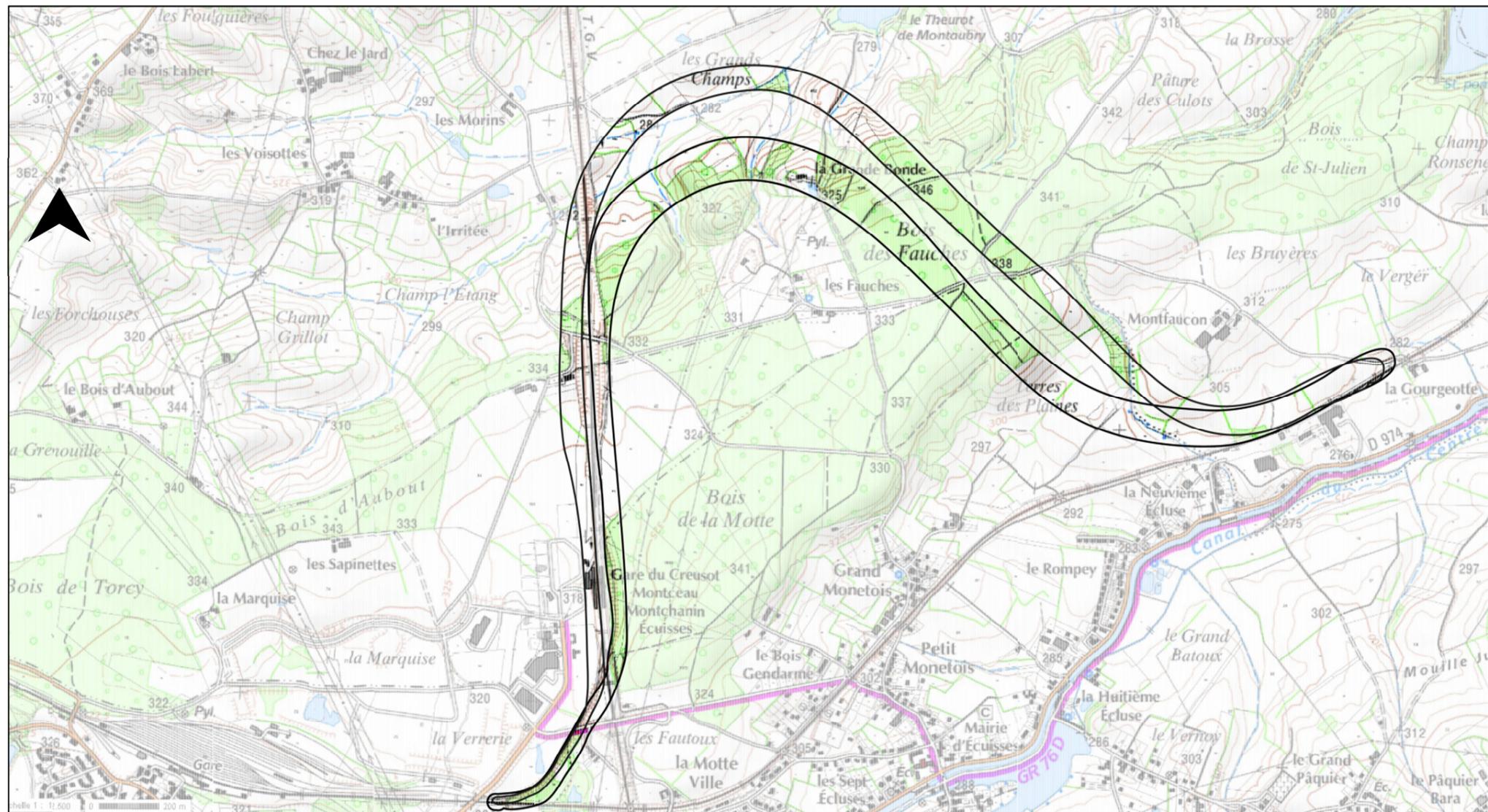


Figure 9 : Comparaison entre les deux fuseaux (Fond IGN)

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

|  | Gare TER à l'Est   | Gare TER à l'Ouest   |
|--|--|--|
| <b>Faisabilité de la solution de base</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 viaduc à voie unique d'environ 760 ml ;</li> <li>- 1 viaduc à double voie d'environ 620 ml ;</li> <li>- 1 viaduc (branchement) de 270 ml ;</li> <li>- 1 saut de mouton sur la LN1 au Nord ;</li> <li>- 1 saut de mouton sur le raccordement LN1 (existant);</li> <li>- 1 ouvrage à double franchissement de la LN1 au Sud;</li> <li>- Prolongement du passage souterrain existant pour accéder aux quais TER</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 viaduc à voie unique d'environ 1150ml ;</li> <li>- 1 viaduc à double voie d'environ 1140ml ;</li> <li>- 1 saut de mouton double sur la LN1 au Nord (à créer) ;</li> <li>- Démolition BV actuel, nouveau BV ;</li> <li>- Déplacement du poste de signalisation (PRS).</li> </ul> |
| <b>Impact sur le projet de PEM de la gare Creusot TGV</b>          | Projet de PEM prévoit extension des voies à l'Ouest libération d'emprise/plan initial  | PEM prévoit 2 voies nouvelles à l'Ouest emprise supplémentaire nécessaire impact parking   |
| <b>Impacts du projet sur le fonctionnement de la gare actuelle</b> | Aucun impact négatif   | Fonctionnement perturbé  |
| <b>Impacts environnementaux</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet d'emprise sur des terres agricoles et des zones boisées ;</li> <li>- Effet de coupure du territoire ;</li> <li>- Incidence vis-à-vis du patrimoine, le raccordement étant localisé dans le périmètre de protection de l'ancienne tuilerie Perrusson ;</li> <li>- Impact sur le bâti direct sur une habitation individuelle.</li> <li>-</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet d'emprise sur des terres agricoles et des zones boisées ;</li> <li>- Effet de coupure du territoire ;</li> <li>- Incidence vis-à-vis du patrimoine, le raccordement étant localisé dans le périmètre de protection de l'ancienne tuilerie Perrusson.</li> </ul>             |
| <b>Articulation avec la gare TGV du Creusot</b>                    | Cheminement piétons de 100-150m en passage souterrain  | Quais TER proches des quais TGV  |
| <b>Coût CE 09/2012</b>   | 290 M€ HT couts complets   | 420M€ HT couts complets  |

**Tableau 1 : Analyse multicritères des variantes Gare à l'Est/l'Ouest**

Pour mémoire, la solution gare à l'Est reste à optimiser pour assurer des temps de correspondances performants. Une étude sur les temps de parcours en gare a été menée par Gare et Connexion « INTERCONNEXION TER / TGV EN GARE DE : « LE CREUSOT-TGV » IMPLANTATION A L'EST PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS POUR DIMINUTION DU TEMPS DE PARCOURS DES PIETONS ».

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3 Analyse technique du programme de base

#### 3.1 Les éléments du programme de base

Le programme de base comprend différents éléments :

- **Electrification de la ligne Chagny-Nevers** avec mise au gabarit GB des ouvrages supérieurs ;
- **Remplacement des points durs permettant le passage d'un tonnage de 20t (classe C4) à 22,5t (classe D 4)** par essieu sur l'ensemble de la ligne avec entre autres les viaducs d'Etang, de Luzuy et de Decize à renforcer et le tunnel du Creusot à décaisser ;
- **Equipement intégral de la ligne en GSM-R** ou Radio Sol Train, permettant d'exploiter les trains de fret sans agent d'accompagnement ;
- **Création d'une infrastructure nouvelle entre l'ouvrage d'art franchissant la LN1 au sud de la gare TGV de Montchanin et l'Ouest de l'ancien BV d'Ecuisses** comprenant :
  - Une gare TER<sup>®</sup> disposant de 4 voies à quai (permettant la station simultanée de TER<sup>®</sup> rapides Dijon / Nevers dans les deux sens doublant des TER<sup>®</sup> locaux Chalon / Le Creusot dans les deux sens, Montchanin étant un nœud dans le cadencement TER de la Bourgogne, et une voie en tiroir pour les navettes Montchanin – Paray – Dijon) ;
  - Une infrastructure à double voie reliant cette gare à l'Ouest de l'ancien BV d'Ecuisses ;
  - L'électrification du raccordement existant entre le sud de la gare TGV de Montchanin et la gare de Montchanin ville, son adaptation au trafic voyageur, et son raccordement à la double voie Dijon / Nevers à l'entrée est de la gare de Montchanin Ville.

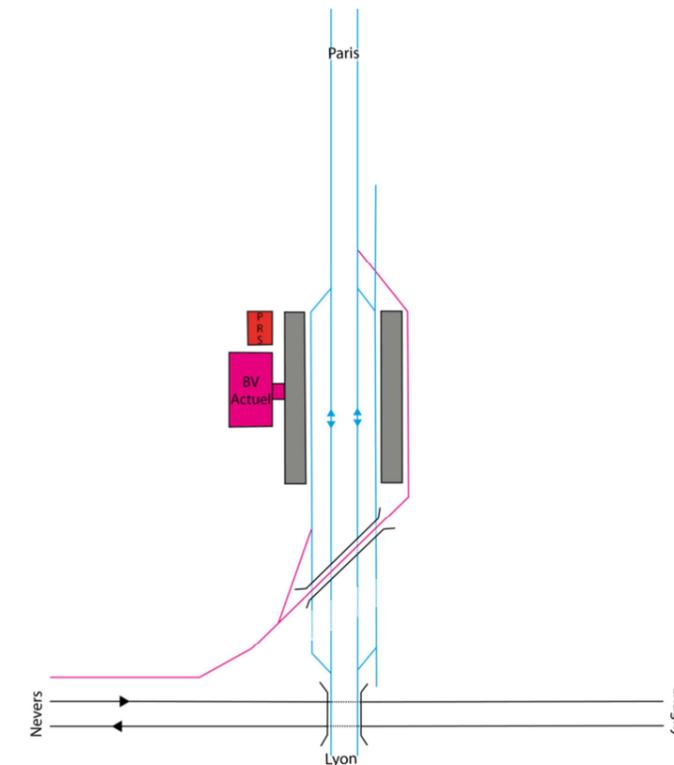


Figure 11 : Schéma synoptique de la situation actuelle

#### 3.2 Tracé de base : affiner les fuseaux



Figure 10 : Photo aérienne de la situation actuelle (Source Géoportail)

##### 3.2.1 Fonctionnalités

- Fonctionnalités liées au nouveau raccordement TER<sup>®</sup> :
  - 4 voies à quai longs de 150 ml ;
  - Des quais TER dédiés pour chaque sens de circulation ;
  - Un flux d'échange de voyageurs optimisé, position de la gare TER cohérente avec la gare LGV ;
  - Adaptation au trafic voyageur de la voie de service au sud de la gare TGV, et son raccordement à la double voie Dijon / Nevers à l'entrée Est de la gare de Montchanin Ville.
- Fonctionnalités liées à la LGV :
  - Sortie du raccordement TER puis insertion sur les voies principales de la LN1 à une vitesse de 160 km/h ;
  - Sortie des voies principales de la LN1 à une vitesse de 160 km/h puis entrée sur le raccordement TER<sup>®</sup> ;
  - Les TAGV empruntant le raccordement ne font pas arrêt systématique à la gare de Creusot TGV.
- Fonctionnalités liées au futur raccordement à Ecuisses :

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

- Le tracé doit permettre, à terme, la réalisation d'un raccordement en virgule à Ecuisses (Cf. variante 4).
- Fonctionnalités liées à la voie travaux :
  - La conservation de la fonctionnalité de la voie dédiée aux trains de travaux.

### 3.2.2 Hypothèses

- Tracé à double voie ;
- 4 voies à quai de 150 ml au niveau de la nouvelle gare TER® ;
- Deux implantations éventuelles des quais TER® : Est/Ouest ;
- Insertion à la vitesse maximale permise par la ligne classique ;
- Respect des enjeux environnementaux.

### 3.2.3 Analyse technique

#### 3.2.3.1 Rappel

La conception du fuseau est contrainte par la topographie du site (relief accidenté) ainsi que par un périmètre d'implantation réduit (Cf. Notice environnementale et procédures administratives). On a donc opté pour un tracé compact contenu dans le périmètre rapproché de l'étude (cf. figure3 : Périmètre rapproché de l'étude d'insertion des fuseaux).

La vitesse de conception du tracé est de 120 km/h. Cette vitesse permet, à la fois, aux trains TER® une insertion à sur le nouveau raccordement sans réduire leur vitesse (Voir carte des vitesses limites ci-après) et aux TAGV de s'insérer sur ou de quitter la LN1 à la vitesse maximale possible 160 km/h (cf. § 2.8.3 variante 3).

Au-delà de cette vitesse (120 km/h) les rayons de courbure deviennent importants (735 m pour 140 km/h et 960 m pour 160 km/h) pour être placés dans le périmètre rapproché de l'étude dans le respect des fonctionnalités et des contraintes.

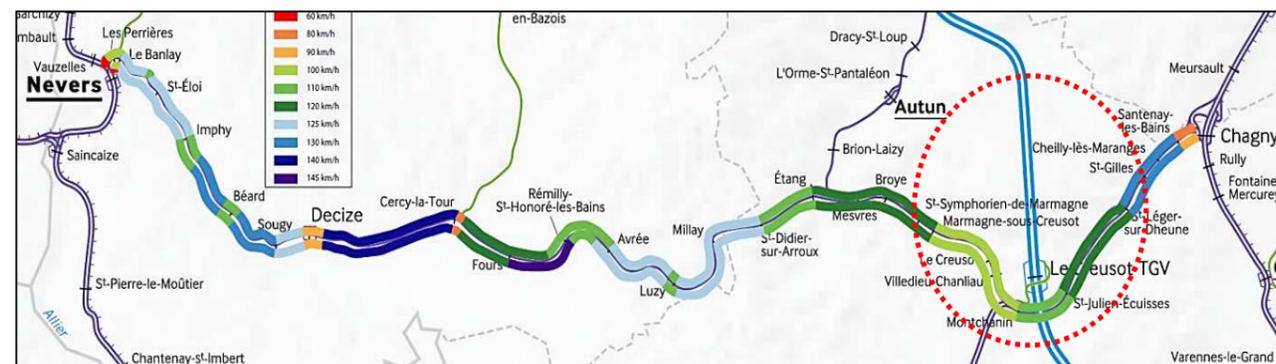


Figure 12 : Vitesses limites de la ligne Chagny-Nevers (Source Fond RFF)

### 3.2.3.2 Référentiels techniques utilisés

Les référentiels utilisés pour la conception du nouveau raccordement sont listés ci-après :

- IN 0272 Conception du tracé de la voie courante V ≤ 220 km/h Version 01 du 12-09-2006 ;
- IN 0230 Conditions d'implantation des appareils de voie unifiés Version du 20-01-2009 ;
- IN 3018 Caractéristiques techniques des appareils de voie UIC60-A74 modèle 2002. Géométrie et conditions d'utilisation des branchements Version 01 du 06-07-2006.

### 3.2.3.3 Valeurs limites normales et exceptionnelles retenues :

| Paramètres du profil en long                        | Valeur Limite normale               | Valeur limite exceptionnelle |
|---|-------------------------------------|------------------------------|
| Pente instantanée maximale                          | 35 ‰                                | --                           |
| Longueur maximale du tronçon à la pente instantanée | 400 m                               | --                           |
| Pente moyenne maximale                              | 13 ‰                                | --                           |
| Distance de calcul de la pente moyenne maximale     | 1200 m                              | --                           |
| Distance de calcul de la rampe moyenne              | 200 m pour TGV®<br>50 m pour Z TER® | --                           |
| Rayon de raccord                                    | 5040 m                              | 3600 m                       |

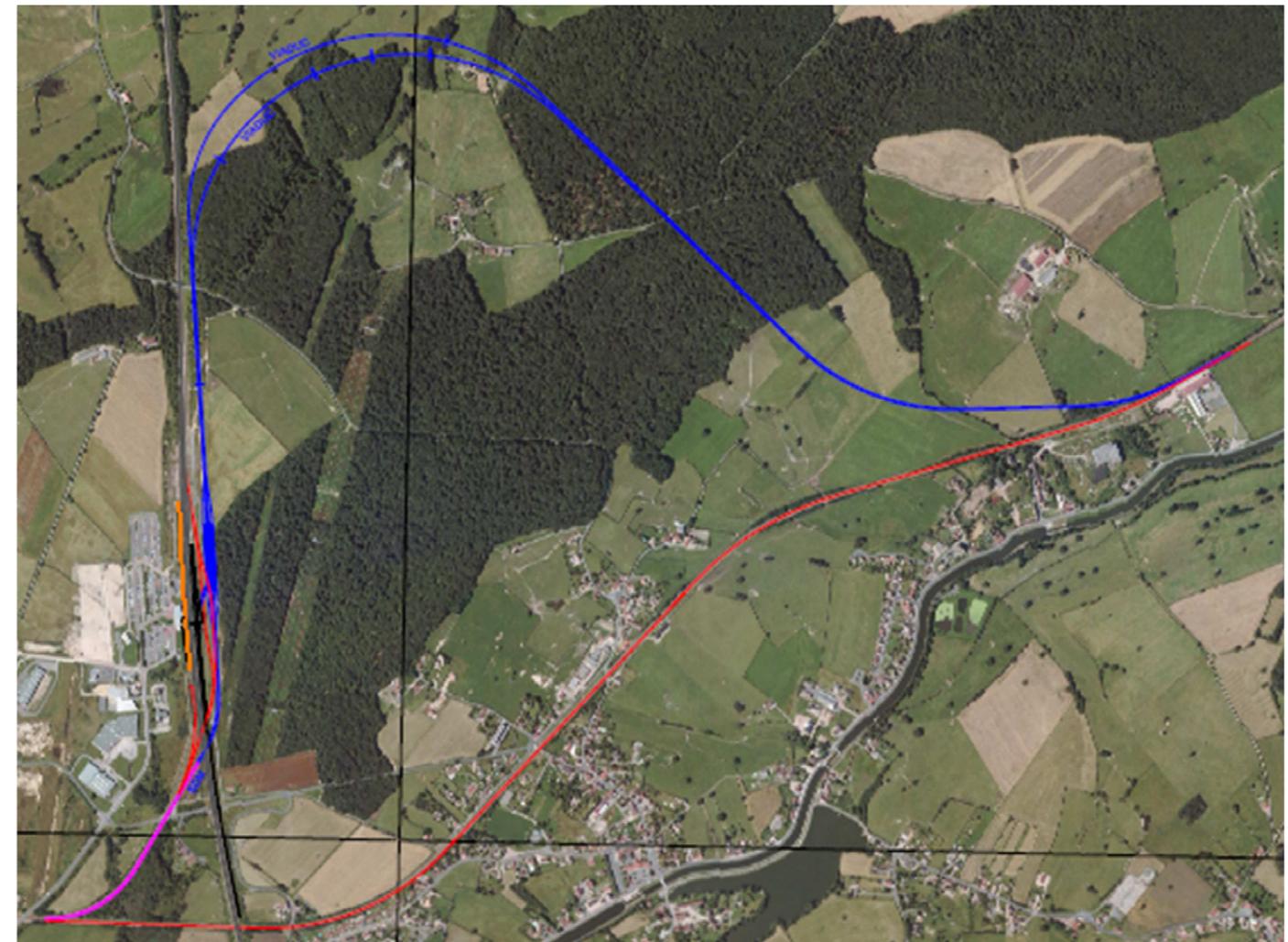
Tableau 2 : Valeurs limites des éléments du profil en long

| <i>Paramètres du tracé en plan</i>           | <i>Valeur Limite normale</i> | <i>Valeur limite exceptionnelle</i> |
|--|------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Dévers</i>                                | <i>160 mm</i>                | <i>180 mm</i>                       |
| <i>Insuffisance de dévers</i>                | <i>160 mm</i>                | <i>180 mm</i>                       |
| <i>Variation de dévers</i>                   | <i>1.5 mm/m</i>              | <i>1.8 mm/m</i>                     |
| <i>Variation de l'insuffisance de dévers</i> | <i>75 mm/s</i>               | <i>90 mm/s</i>                      |

**Tableau 3 : valeurs limites des éléments du tracé en plan**

### 3.2.3.4 Gare à l'Est

#### 3.2.3.4.1 Tracé en plan



**Figure 13 : Tracé en plan de la solution Est**

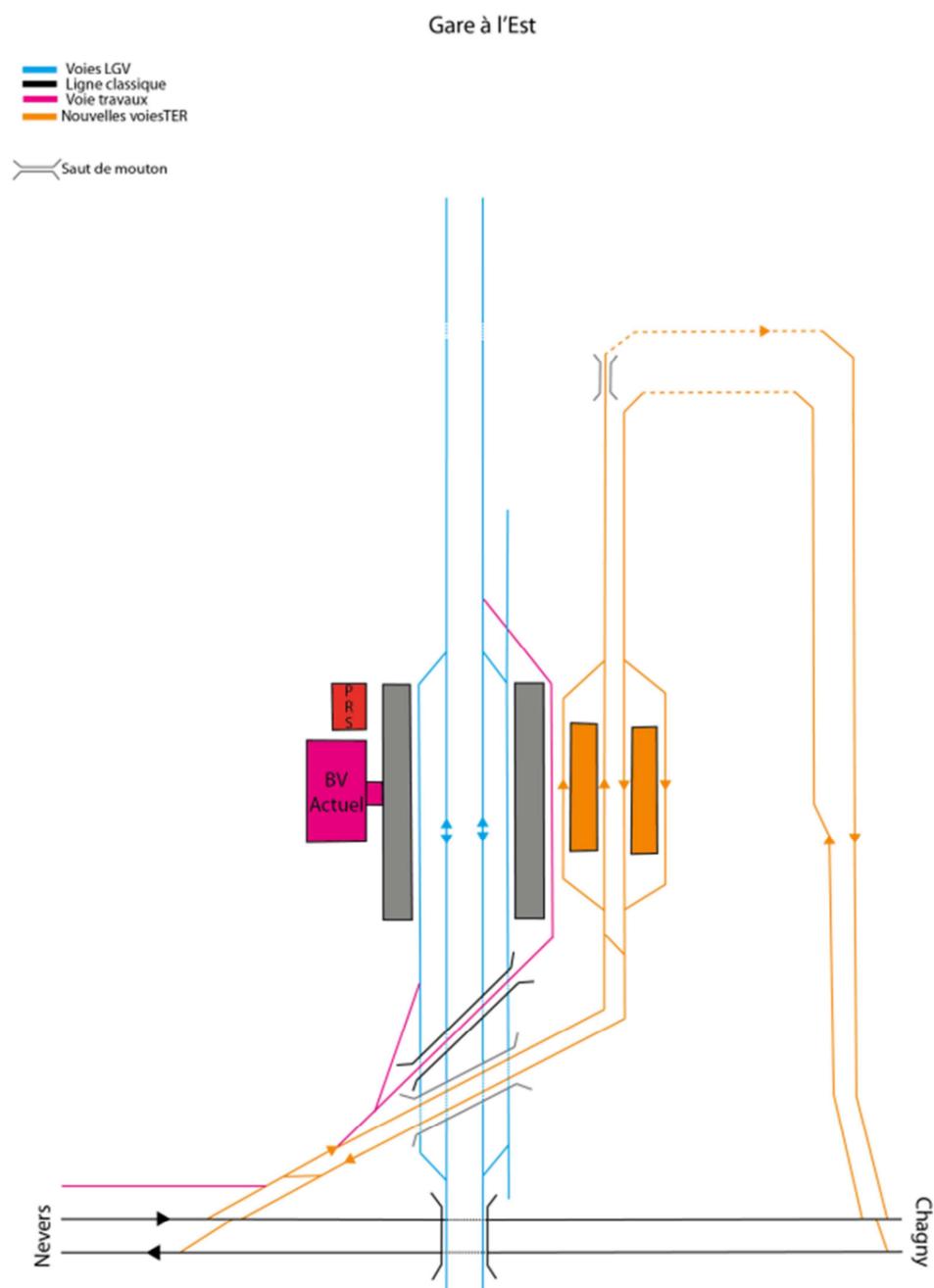


Figure 14 : Schéma synoptique de la gare à l'Est

La vitesse de conception du tracé est 120 km/h avec des rayons de 550 m et des dévers de 160 mm. Il est long d'environ 5500 ml.

Le tracé est à double voie (à 4 voies au niveau de la gare TER®). Il reprend partiellement et sur une longueur d'environ 460 ml la plateforme de la voie travaux. Cette plateforme doit faire l'objet d'un élargissement partiel pour accueillir une deuxième voie (Cf. § 2.5 voie ferrée).

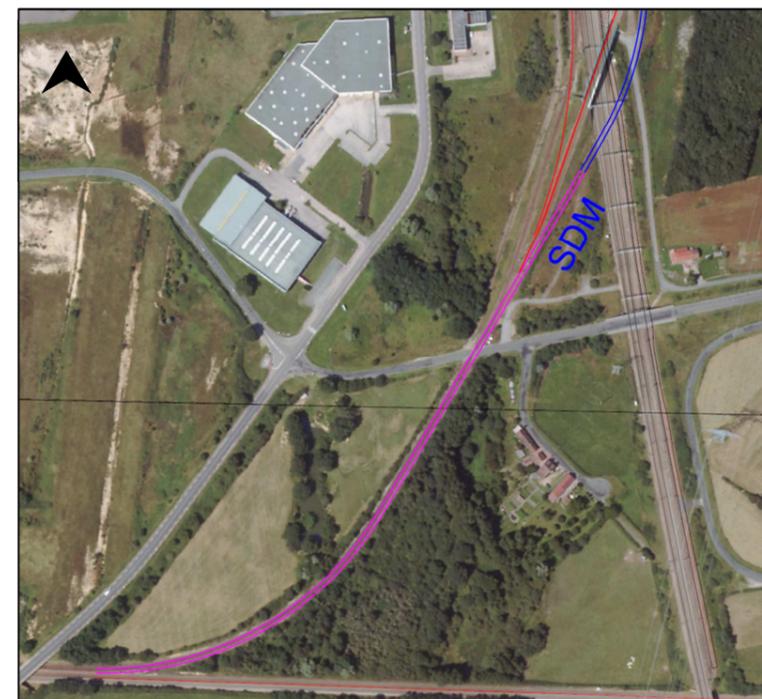


Figure 15 : reprise partielle de la voie travaux (Fond Orthophoto RFF)

Le tracé se compose de :

- Éléments repris à la voie travaux (Cf. Figure 14 : Tracé en plan de la solution Est) :
  - Une courbe d'un rayon de 250 m sur une longueur de 235m, conçue avec un dévers nul ;
  - Un alignement droit de 283 ml.
- Nouveaux éléments :
  - Une courbe d'un rayon de 250 m et d'une longueur de 89 m, introduite par un raccordement progressif (clothoïde) de 60 ml ;
  - Un alignement droit de 1131ml, introduit par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Deux alignements droits pour les voies de stationnement, longs de 390 ml ;
  - Une courbe avec un rayon de 550 m, longue de 1205 m, introduite par des raccordements progressifs de 110 ml. Elle est mise en place avec un dévers inscrit de 160 mm et une insuffisance de dévers de 149 mm ;
  - Un alignement droit de 784 ml ;

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

- Une courbe avec un rayon 550 m et une longueur de 331 m, introduite par des raccordements progressifs de 110 ml. Elle est mise en place avec un dévers inscrit de 160 mm et une insuffisance de dévers de 149 mm ;
- Un alignement droit de 201 ml ;
- Une courbe avec un rayon 550 m et une longueur de 149 m, introduite par des raccordements progressifs de 110 ml. Elle est mise en place avec un dévers inscrit de 160 mm et une insuffisance de dévers de 149 mm.

#### 3.2.3.4.2 Profil en long

De par la nature accidentée du relief, le tracé alterne déblais et remblais. Ainsi le profil en plan est conçu dans un double objectif :

- Respect des prescriptions du référentiel en vigueur ;
- Minimisation des mouvements de terre et équilibre entre déblais et remblais.

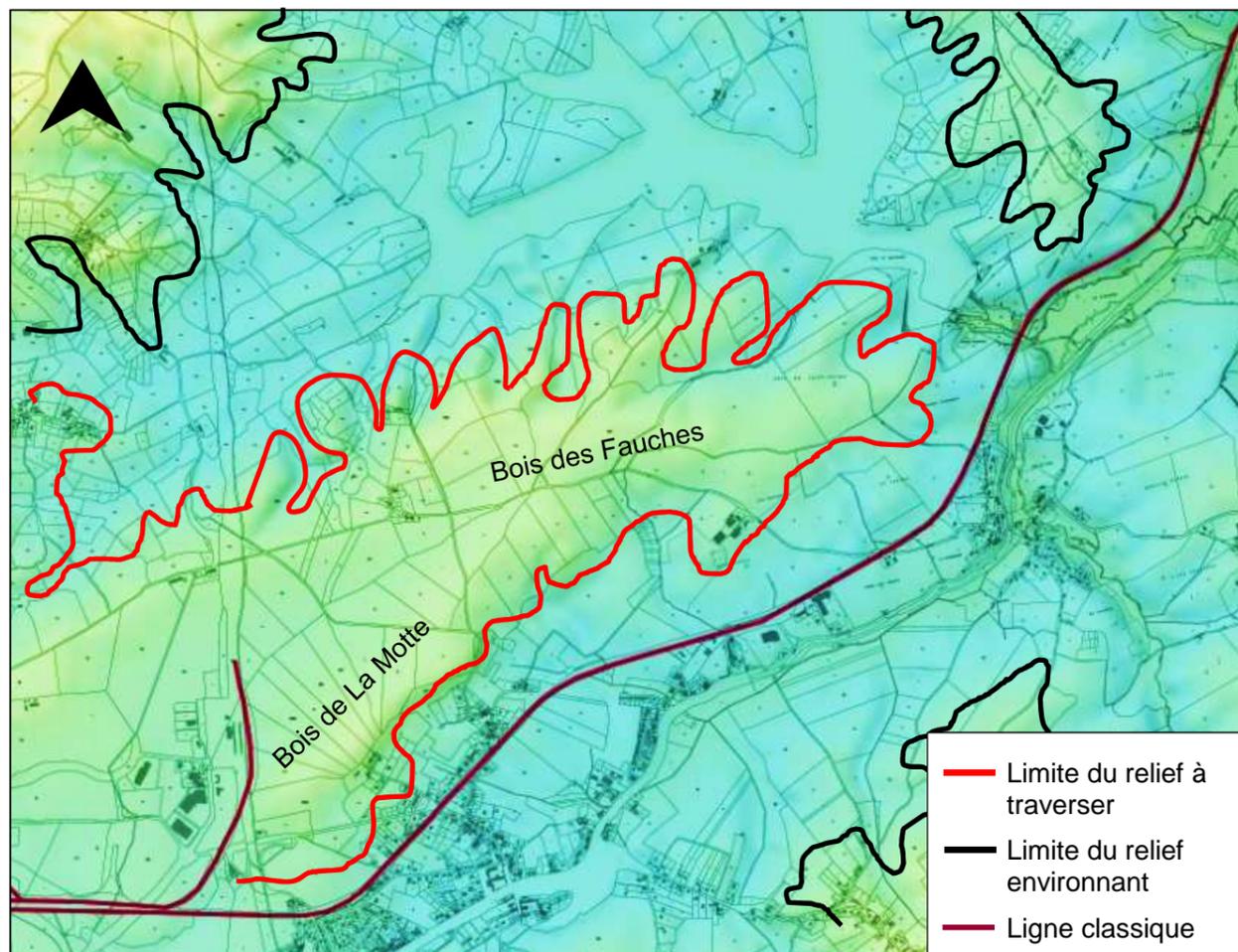


Figure 16 : Carte de relief au niveau du périmètre approché (Fond IGN Géoportail)

Ainsi pour se raccorder le plus tôt possible sur la ligne classique (ligne en grenat sur la carte des reliefs), tout nouveau tracé doit couper à travers les bois de la Motte et des Fauches qui, par endroit, affichent une altimétrie de 346 m. La ligne classique, quant à elle, est implantée immédiatement sur le Talweg de cette colline en suivant le Canal du Centre. Elle a une altimétrie moyenne de 285 m.

Pour rattraper ce niveau de la ligne classique, le nouveau tracé suit une pente normale maximale de 35 ‰.

Les déclivités des principaux éléments du tracé sont :

- ~32 ‰ pour le pont-rail en saut de mouton (SDM) sur la LN1 ;
- 1 ‰ pour les nouveaux quais, c'est la déclivité maximale pour des gares de service voyageurs avec stationnement prolongé des rames ;
- 11 ‰ sur la moitié de la longueur des viaducs et 25 ‰ sur le reste ;
- 35 ‰ au niveau du versant de la colline des Bois des Fauches.

Au vu de ces contraintes topographiques et aux prescriptions du référentiel, le tracé à l'est génère environ 974 300 m<sup>3</sup> de déblais et 176 000 m<sup>3</sup> de remblais et nécessite la création de deux ouvrages d'art conséquents.

La profondeur maximale de déblai est de 21 m au niveau des Bois des Fauches alors que le remblai ne dépasse pas les 11 m (hauteur atteinte au niveau du versant de la même colline).

Les ouvrages sont détaillés ci-après :

- Un viaduc long d'environ 620 ml et haut d'environ 20 m ;
- Un viaduc long d'environ 760 ml et haut d'environ 20 m ;
- Un pont-rail long d'environ 60 m à double voie en saut de mouton (SDM) sur la LN1 parallèle au SDM de la voie travaux au sud de la gare TGV ;
- Deux quais longs de 150 ml, accessibles par un passage souterrain (PS) connecté au PS existant via une rampe.

En fonction de la nature des matériaux des déblais, leurs utilisations permettront de limiter les longueurs des viaducs.

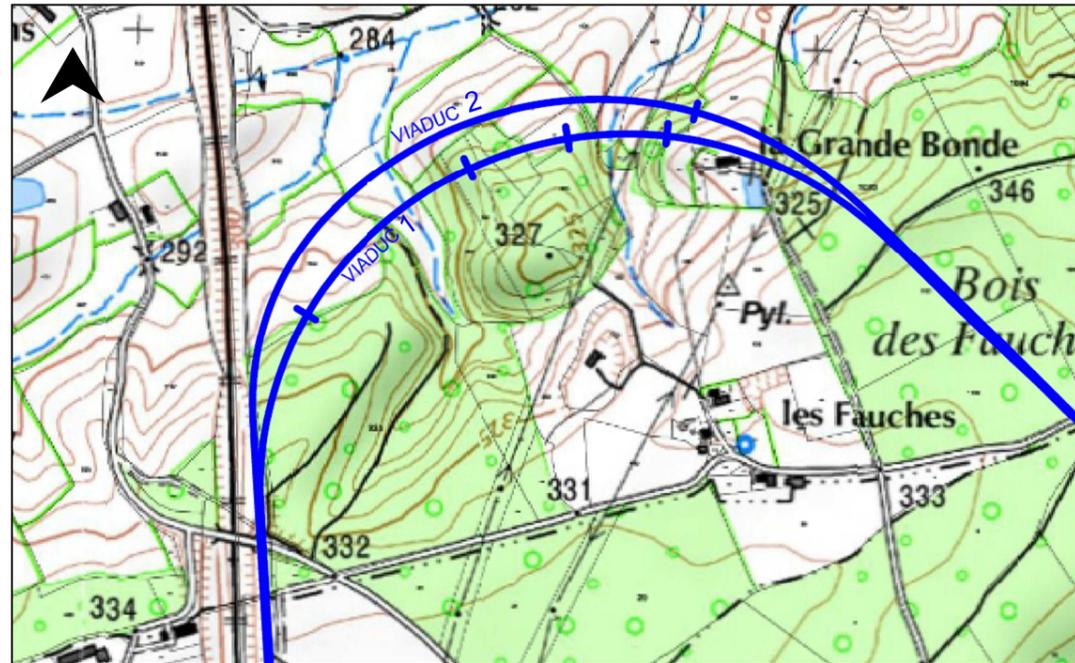


Figure 17 : Zoom sur les viaducs de la solution Est (Fond IGN)

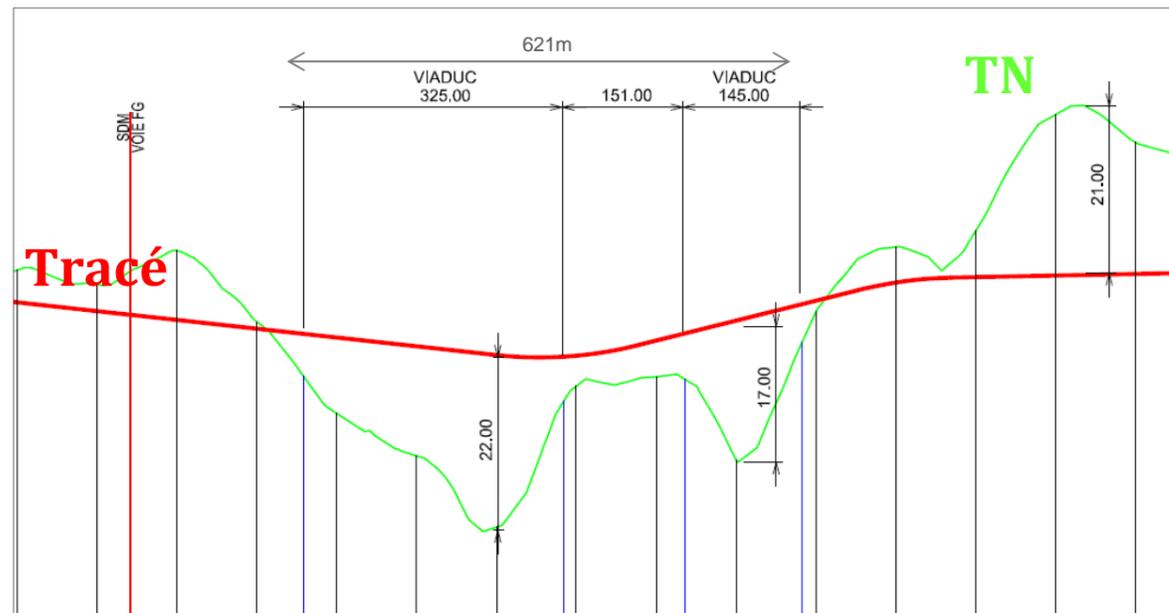


Figure 18 : Profil en long du viaduc 1

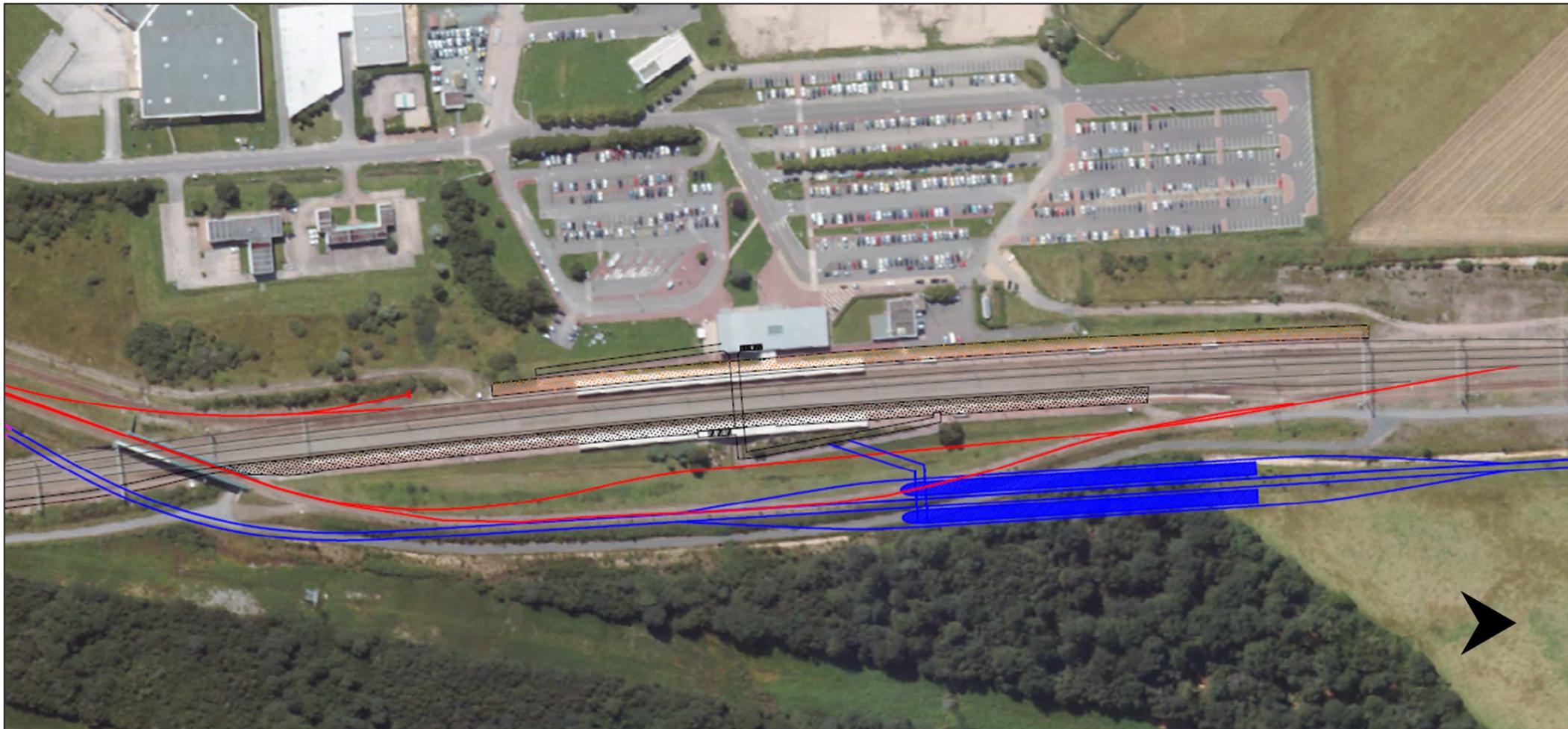


Figure 19 : Zoom sur la gare TER à l'est (fond Orthophoto RFF)

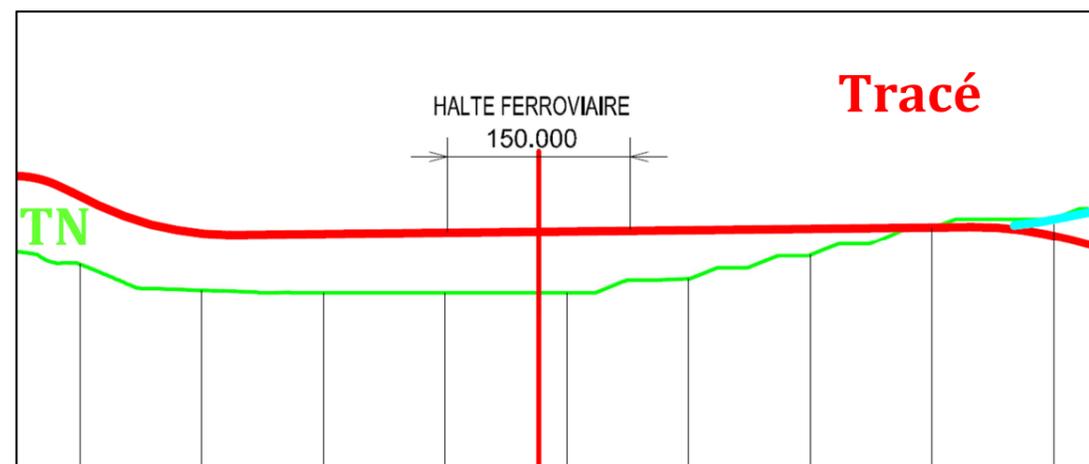


Figure 20 : profil en long des nouveaux quais

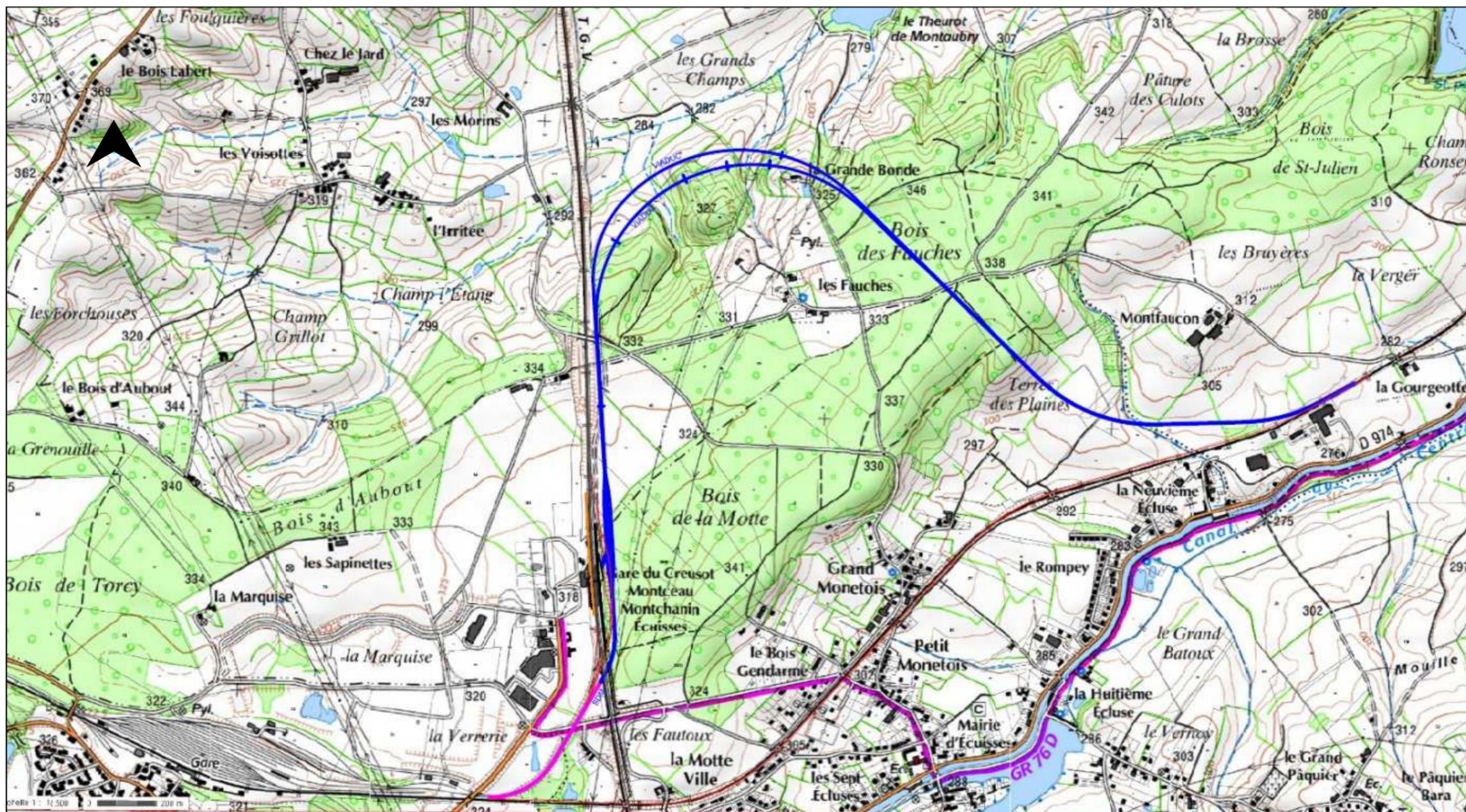


Figure 21 : Tracé en plan de la solution à l'est (Fond IGN)



Figure 22 : Synthèse des principaux aménagements du tracé à l'est (Fond orthophoto RFF)

3.2.3.5 Gare à l'Ouest :

3.2.3.5.1 Tracé en plan :

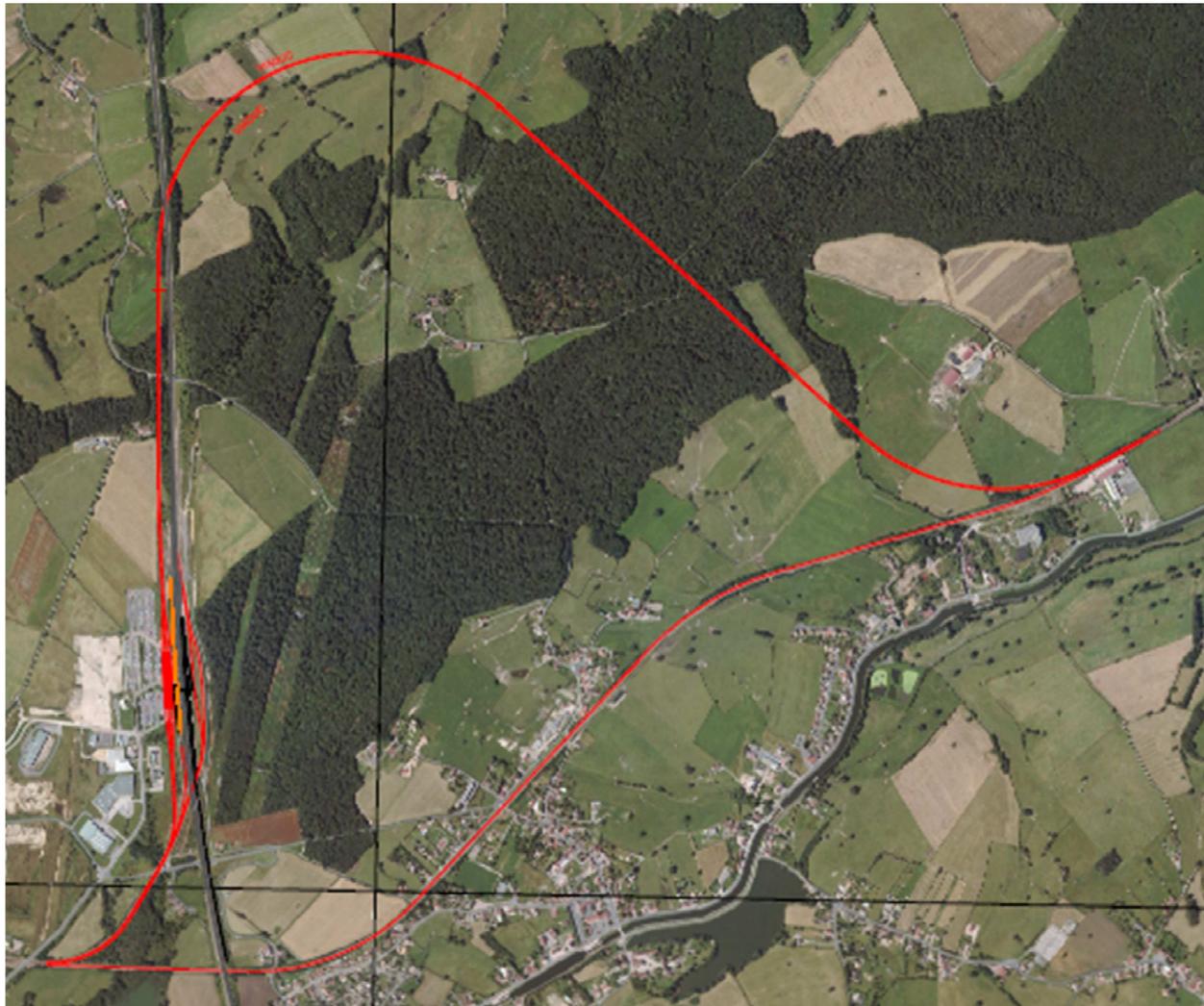


Figure 23 : Tracé en plan de la solution Ouest

Gare à l'Ouest

- Voies LGV
- Ligne classique
- Voie travaux
- Nouvelles voies TER
- Nouveaux raccordements TER/TGV (Variante 3)
- Raccordement triangle à Ecuisses (Variante 4)
- Saut de mouton
- Tracé en viaduc

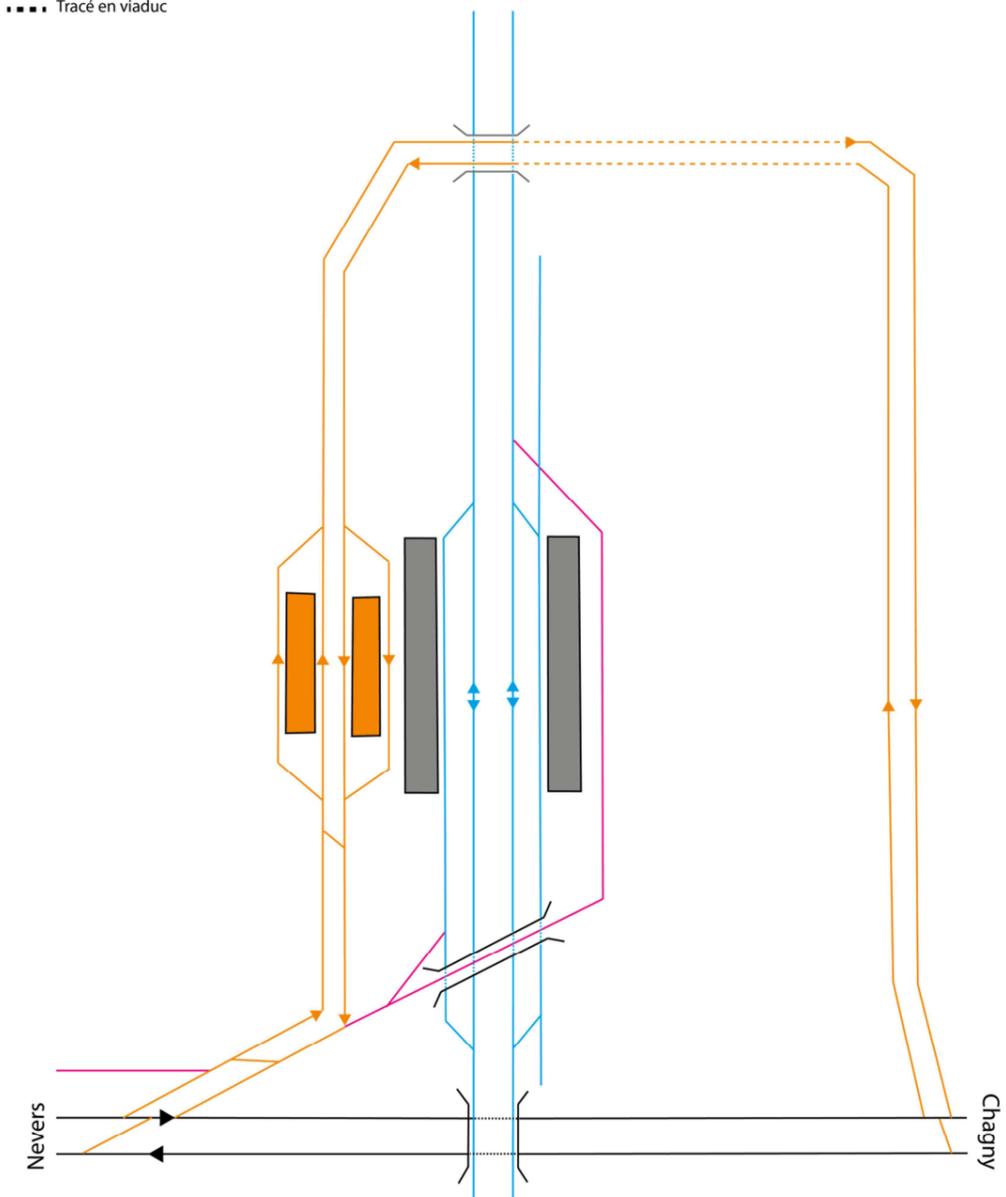


Figure 24 : Schéma synoptique de la gare à l'Ouest

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Le tracé est à double voie (à 4 voies au niveau de la gare TER®). Il reprend partiellement et sur une longueur d'environ 470 ml la plateforme de la voie travaux. Cette plateforme doit faire l'objet d'un élargissement partiel pour accueillir une deuxième voie (Cf. §2.5 travaux de voie). Il empiète sur le bâtiment voyageur du Creusot TGV et du PRS (Poste à tout Relais à Transit Souple) télécommandé par le PAR (Poste d'Aiguillage et de Régulation) de Paris.

Le tracé se compose de :

- Éléments repris à la voie travaux (Cf. Figure 14 : Tracé en plan de la solution Est) :
  - Une courbe d'un rayon de 250 m sur une longueur de 235 m, conçue avec un dévers nul ;
  - Un alignement droit d'environ 111 ml ;
- Nouveaux éléments :
  - Une courbe d'un rayon de 250 m et une longueur de 90 m, conçue avec un dévers nul, introduite par un raccordement progressif de 60 ml de long ;
  - Un alignement droit de 610 ml, introduit par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Deux alignements droits pour les voies de stationnement, longs de 390 ml ;
  - Une courbe avec un rayon de 5000 m, longue de 211 m, introduite par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Un alignement droit de 483 ml, introduit par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Une courbe avec un rayon 554 m et une longueur de 1194 m, introduite par un raccordement progressif de 110 ml. Elle est mise en place avec un dévers inscrit de 160 mm et une insuffisance de dévers de 147 mm ;
  - Un alignement droit de 1252 ml, introduit par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Une courbe avec un rayon 550 m et une longueur de 570 m, introduite par un raccordement progressif de 110 ml. Elle est mise en place avec un dévers inscrit de 160 mm et une insuffisance de dévers de 149 mm ;
  - Un alignement droit de 86 ml, introduit par un raccordement progressif de 110 ml.

### 3.2.3.5.2 Profil en long

Les déclivités des principaux éléments du tracé sont :

- Les nouveaux quais ont une déclivité nulle ;
- 8 ‰ sur la moitié de la longueur des viaducs et 8 ‰ sur le reste ;
- 35 ‰ au niveau du versant de la colline des Bois des Fauches.

Au vu de ces contraintes topographiques et aux prescriptions du référentiel, le tracé à l'ouest génère environ 2 070 000 m<sup>3</sup> de déblais et 188 000 m<sup>3</sup> de remblais et nécessite la création d'un ouvrage d'art à double voie conséquent.

La profondeur maximale du déblai est de 33 m au niveau des Bois des Fauches alors que le remblai ne dépasse pas les 14 m (hauteur atteinte au niveau du versant de la même colline).

Les ouvrages sont détaillés ci-après :

- Un viaduc long d'environ 1240 ml et haut d'environ 30 m, assurant, à la fois, le franchissement de LN1 et la traversée de la colline ;
- Deux quais longs de 150 ml, accessibles par un passage souterrain (PS) connecté au PS existant via une rampe.



Figure 25 : Zoom sur le viaduc double voie de la solution Ouest (Fond IGN)

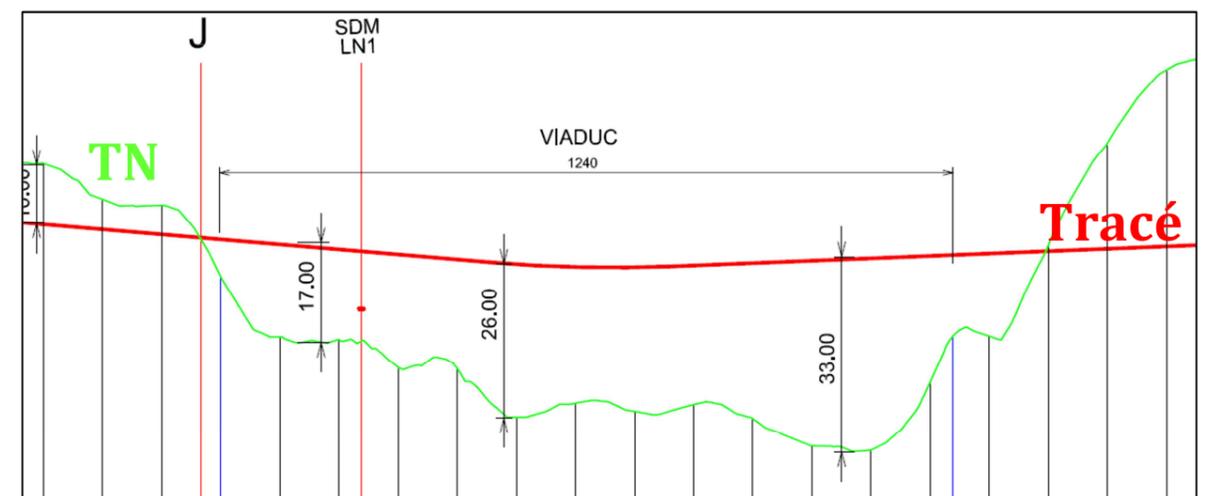


Figure 26 : Profil en long au niveau du viaduc

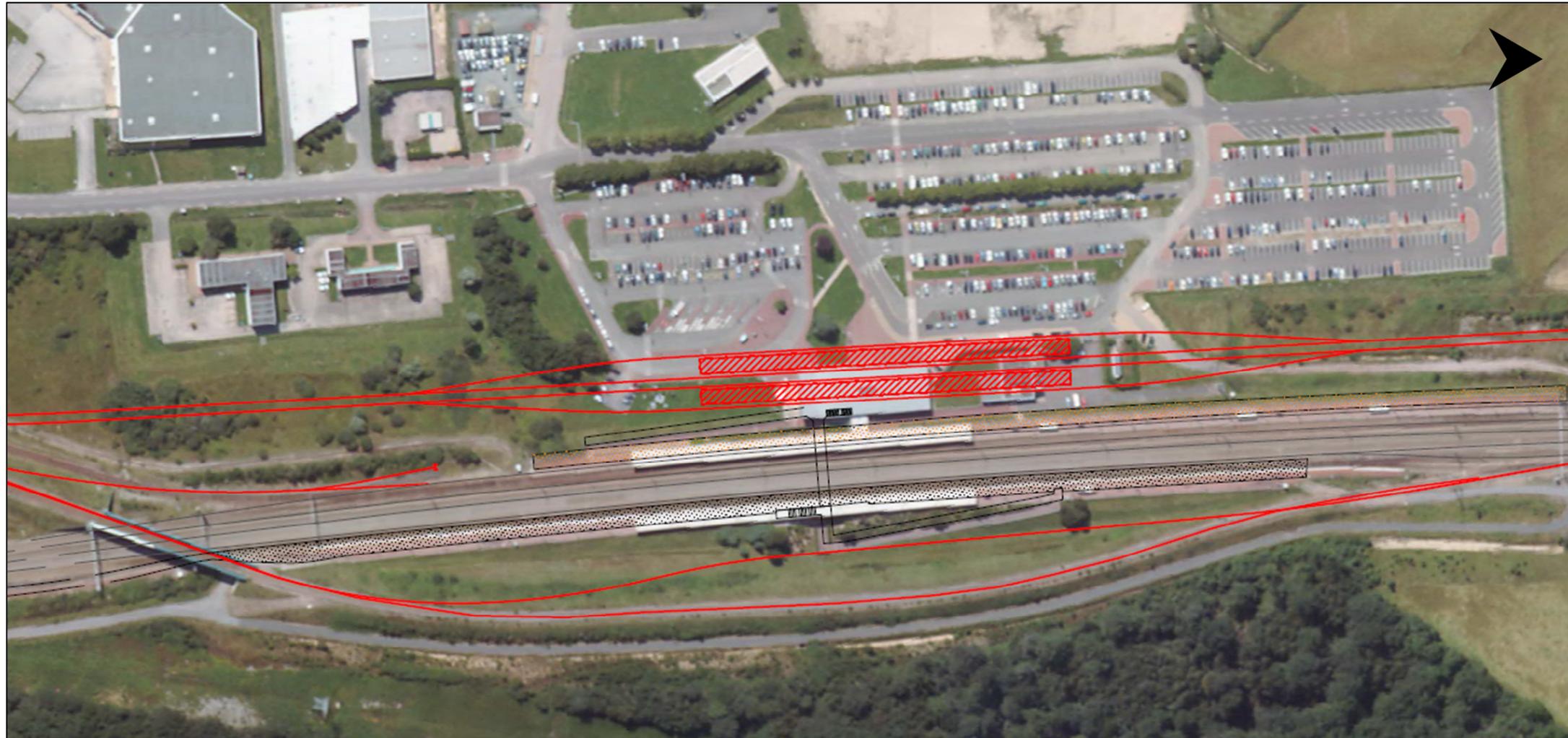


Figure 27 : Zoom sur la gare de la solution Ouest (Fond Orthophoto RFF)

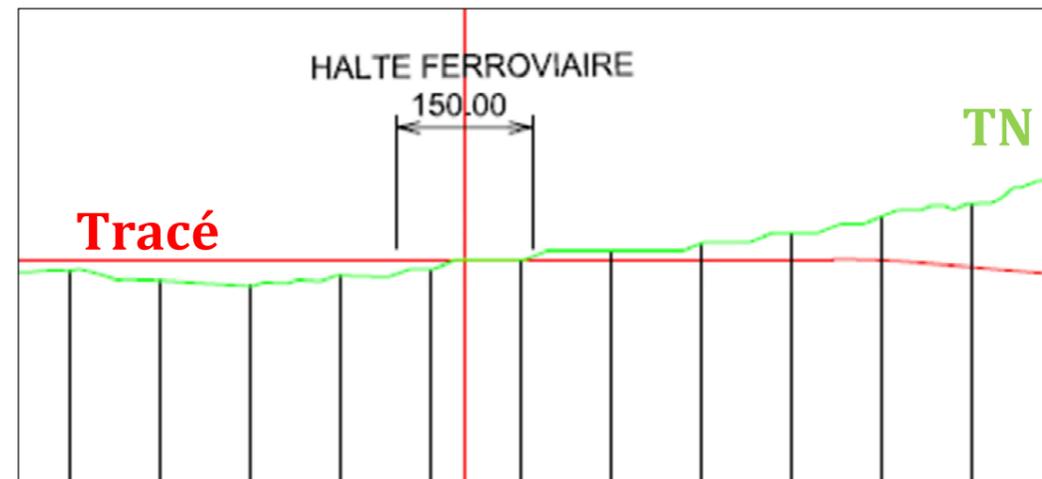


Figure 28 : Profil en long des nouveaux quais

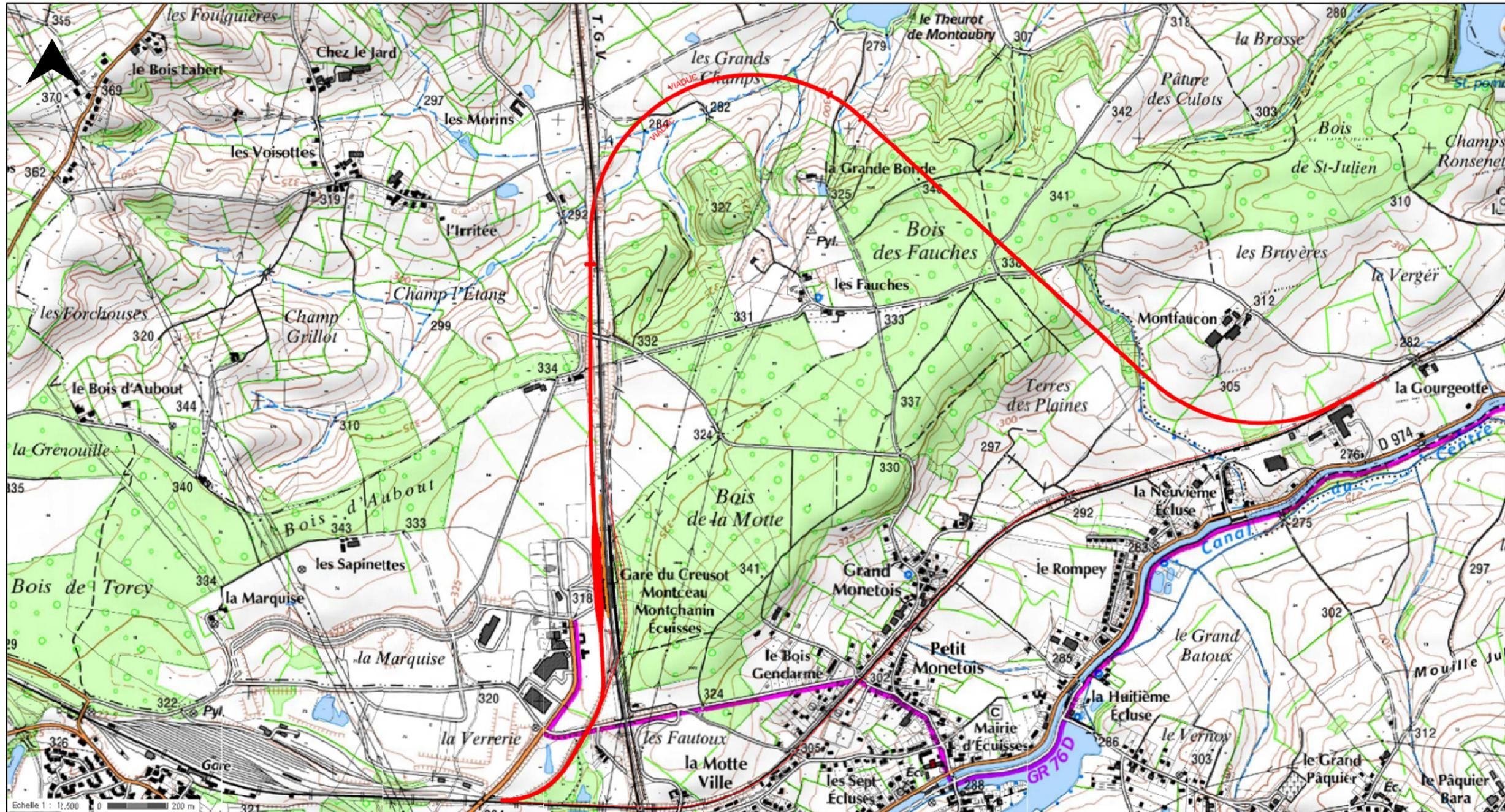


Figure 29 : Tracé en plan de la solution à l'ouest (Fond IGN)



Figure 30 : Synthèse des aménagements pour la solution ouest (Fond orthophoto RFF)

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|   | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|   |   | Document de travail |

### 3.3 Energie

Les trains seront alimentés en courant alternatif haute tension 25 kV. L'alimentation passe par une caténaire et le retour de courant se fait par les rails de la voie régulièrement mis à la terre via des connections inductives selon le circuit de voie utilisé par la Signalisation.

Il existe deux solutions classiques de transport en 25 kV - le 1x25 kV et le 2x25 kV.

- Solution 1x25 kV : seule la caténaire, éventuellement renforcée par un feeder aérien relié à la phase, sert au transport de la tension ;
- Solution 2x25 kV : un feeder aérien parallèle à la caténaire, dit « feeder négatif », est relié à la phase opposé du transformateur traction. La tension de transport est alors de 50 kV, et reste distribuée au pantographe sous 25 kV.

Comparé au système 1x25 kV, le système 2x25 kV serait à privilégier car il permet :

- Pour des volumes de trafic égaux, de diviser par 2 à 3 les chutes de tension sur la ligne et d'améliorer ainsi le rendement du circuit de traction ;
- Pour des volumes de trafic égaux et pour des chutes admissibles de tension sur pantographes équivalents, de diviser par 2 le nombre des sous-stations, et par conséquent les sections de changement de phase ;
- Ou, à l'inverse, pour un même nombre de sous-stations, de plus ou moins doubler le trafic ;
- D'optimiser la position des sous-stations par rapport aux lignes aériennes HTB existantes, et ainsi éviter des coûts de poses de lignes HTB ;
- De réduire les perturbations électromagnétiques sur les installations riveraines et sur les installations ferroviaires.

#### 3.3.1 Fonctionnalités

Electrification de la ligne 760 000 de la bifurcation de Nevers (Pk1+101) à Chagny (Pk162+750) en 25Kv.

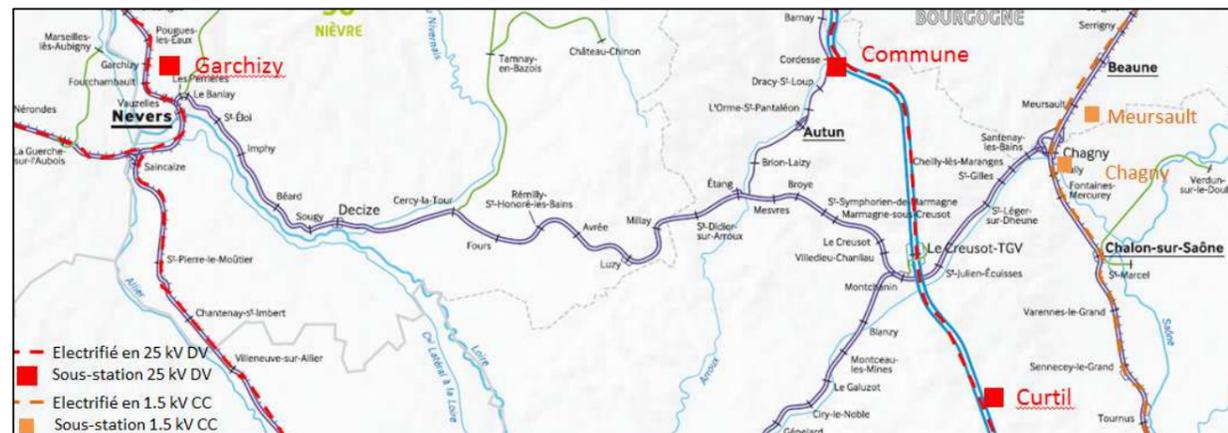


Figure 31 : Ligne à électrifier et sous-stations proches (source RFF)

#### 3.3.2 Hypothèses

- Saturation de toutes les sous-stations proches de la ligne<sup>1</sup> ;
- Electrification en 1\*25 Kv ou 2\*25 Kv ;
- Type de matériels roulants circulant sur les différents tronçons de la ligne Chagny- Nevers ;
- Les vitesses limites de circulation sur la ligne (Cf. Figure 9 : Vitesses limites de la ligne Chagny-Nevers) ;
- 40 sillons fret par jour ;
- Le profil en long de la ligne classique.

#### 3.3.3 Analyse technique

Deux types d'équipements sont nécessaires pour l'électrification de la ligne Nevers Chagny :

- Les IFTE – Installations Fixes de Traction Électrique installations permettant de transformer l'énergie du réseau RTE ou ErDF en énergie utilisable par les engins de traction ;
- Les EALE – Équipement d'Alimentation des Lignes Électrifiées – installations permettant l'acheminement du courant de traction jusqu'aux engins de traction.

##### 3.3.3.1 Équipements IFTE

Des sous-stations d'alimentation sont nécessaires pour convertir le courant électrique du réseau RTE ou ErDF à sa tension utilisée à la caténaire. Cette tension conditionne la distance entre deux sous-stations : plus la tension est élevée, plus les chutes de tension seront faibles, mieux l'énergie se transporte et donc plus les sous-stations pourront être éloignées les unes des autres.

Les appels de puissance de la ligne ne doivent pas provoquer de baisses de tension trop importantes en sous-station, ni des surcharges trop élevées.

Ainsi, d'un point de vue électrification, des sections de séparation seront nécessaires :

- Section de séparation de tension : 25 kV / 1500 V à l'ouest du triangle de Chagny ;
- Section de séparation de phase : 25 kV LGV / 25 kV ligne classique ;
- Les sections de séparation de phase nécessaires sur la ligne classique.

##### 3.3.3.1.1 Implantation des sous-stations

Le nombre de SST a été défini via des simulations préliminaires réalisées sur SIMALIM AC (logiciel d'EGIS Rail).

Par manque de données d'entrée sur l'existant, et sous l'hypothèse de RFF sur la saturation des sous-stations, il n'a pas été retenu la possibilité de bénéficier de la puissance installée sur la ligne existante

<sup>1</sup> Hypothèse validée par RFF

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Paris - Clermont (notamment la SST Garchizy proche de Nevers). Cette hypothèse très défavorable conduit à augmenter la puissance à installer dans le cadre de ce projet. Un dimensionnement Energie traction devra être établi en phase AVP avec des données d'entrée précises.

Nota : de nouveaux entrants (renforcement sous-station) ont été communiqués/connus tardivement en cours d'étude préliminaire, et seront à intégrer en phase AVP PRO. (cf. CR du 3/12/2013)

Le choix de la tension d'électrification de la caténaire se porte sur le 25 kV pour les raisons suivantes :

- Le système 25 kV est le plus performant, et doit être choisi préférentiellement ;
- la portion de ligne à électrifier se trouve dans une zone où peu de raccordements au réseau d'alimentation électrique RTE sont disponibles;

La ligne classique Paris – Nevers – Clermont ainsi que la LGV Paris - Lyon sont électrifiées en 25 kV. Seule la ligne classique PLM Dijon – Chalon sur Saône - Lyon est électrifiée en 1500 V continu. Les autres lignes adjacentes ne sont pas électrifiées (Cf. carte RTE et RFF en annexe).

Les résultats de la simulation donnent :

- Cas d'une électrification en 1x25 kV : 5 nouvelles sous-stations d'une puissance de 16 MVA nécessaires ;
- Cas d'une électrification en 2x25 kV : 3 nouvelles sous-stations d'une puissance de 20 MVA nécessaires.

Le tableau ci-après donne les Pk approximatifs des nouvelles SST à installer dans le scénario le plus pessimiste et les tensions de raccordement RTE disponibles :

| <b>SST</b>   | <b>Nom du poste RTE voisin</b>          | <b>1x25 kV</b>         | <b>2x25 kV</b> |
|--|---|------------------------|----------------|
| <b>IMPHY</b><br><b>ou</b><br><b>GARCHIZY</b>       | IMPHY - 63 kV<br><i>(SST existante)</i> | 9+000                  | 9+000          |
| <b>DECIZE</b>                                      | CHAMPVERT - 63 et 150 kV                | 38+000                 | 38+000         |
| <b>SEMELAY</b><br><b>ou</b><br><b>LES CHAMONTS</b> | ST HONORE - 63 kV<br>ou<br>ligne 150 kV | 70+000<br>ou<br>62+000 | X              |
| <b>LE CREUSOT</b>                                  | LE CREUSOT - 63 kV                      | 125+644                | 125+644        |
| <b>CHAGNY</b>                                      | CHAGNY (SNCF) et MOLLEPIERRE - 63 kV    | 160+000                | X              |

La SST de SEMELAY nécessiterait un raccordement à la ligne RTE située à environ 7 km de la ligne (poste RTE St HONORÉ fournissant du 63 kV). L'implantation autour de la commune de SEMELAY a été

choisie car c'est le point le moins éloigné de cette ligne RTE. Une alternative à cette solution serait de créer une SST à l'intersection de la ligne 150 kV (croix rouge) passant plus à l'ouest, à proximité de la commune des Chamonts. Cette solution doit être étudiée dans les phases ultérieures.

La SST d'Imphy (Nevers) pourrait être remplacée par celle, existante, de Garchizy :

- si elle dispose d'une réserve de puissance suffisante ;
- ou, dans le cas contraire, en voyant sa puissance installée renforcée.
- ceci serait à confirmer avec des données d'entrées RFF/ SNCF supplémentaires sur l'existant.

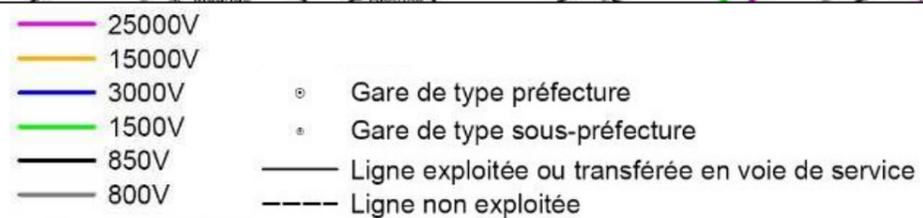
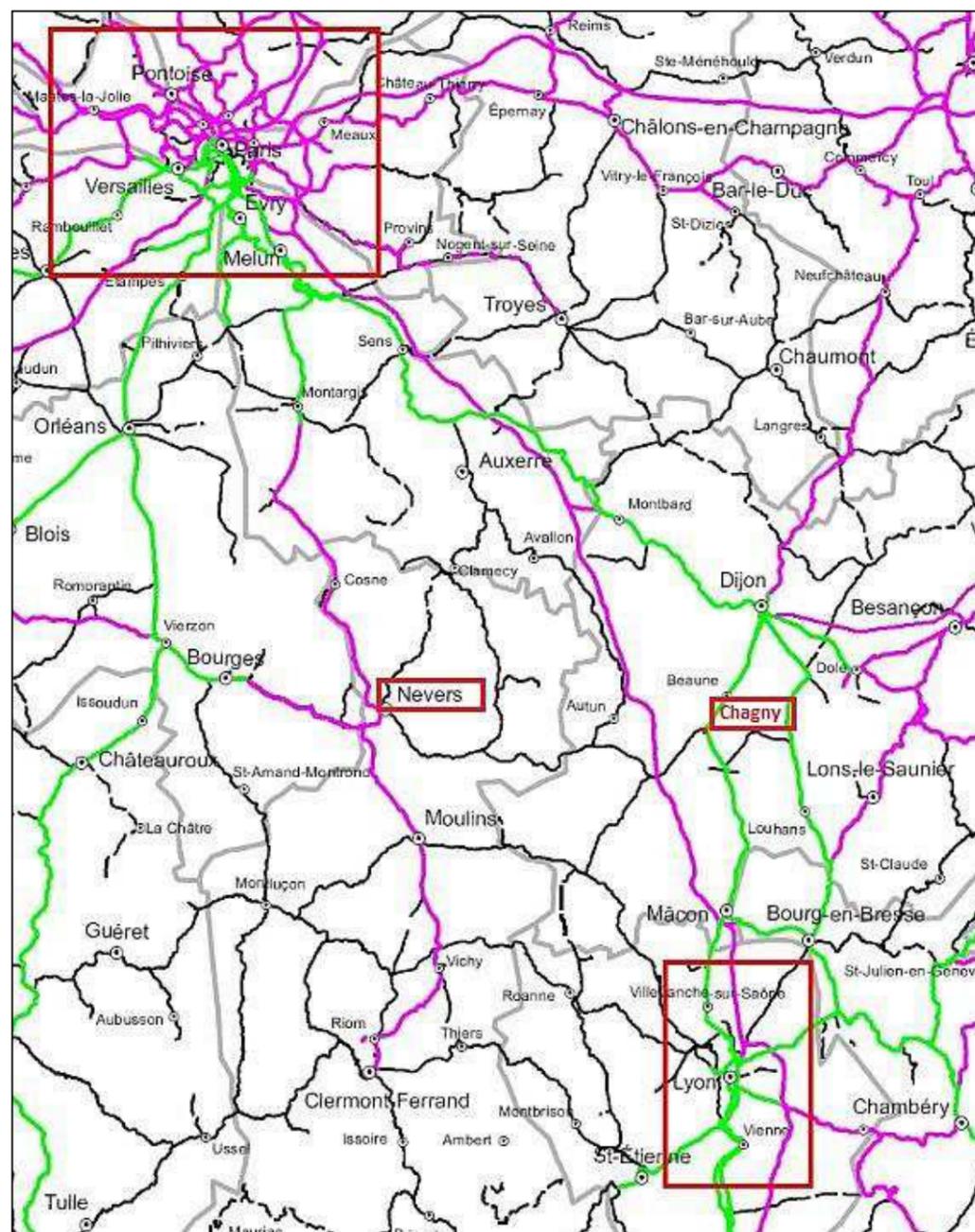


Figure 32 : Extrait de la carte réseau électrifié (source RFF 2011)

Page suivante, carte des lignes électrifiées en région Bourgogne – Franche-Comté

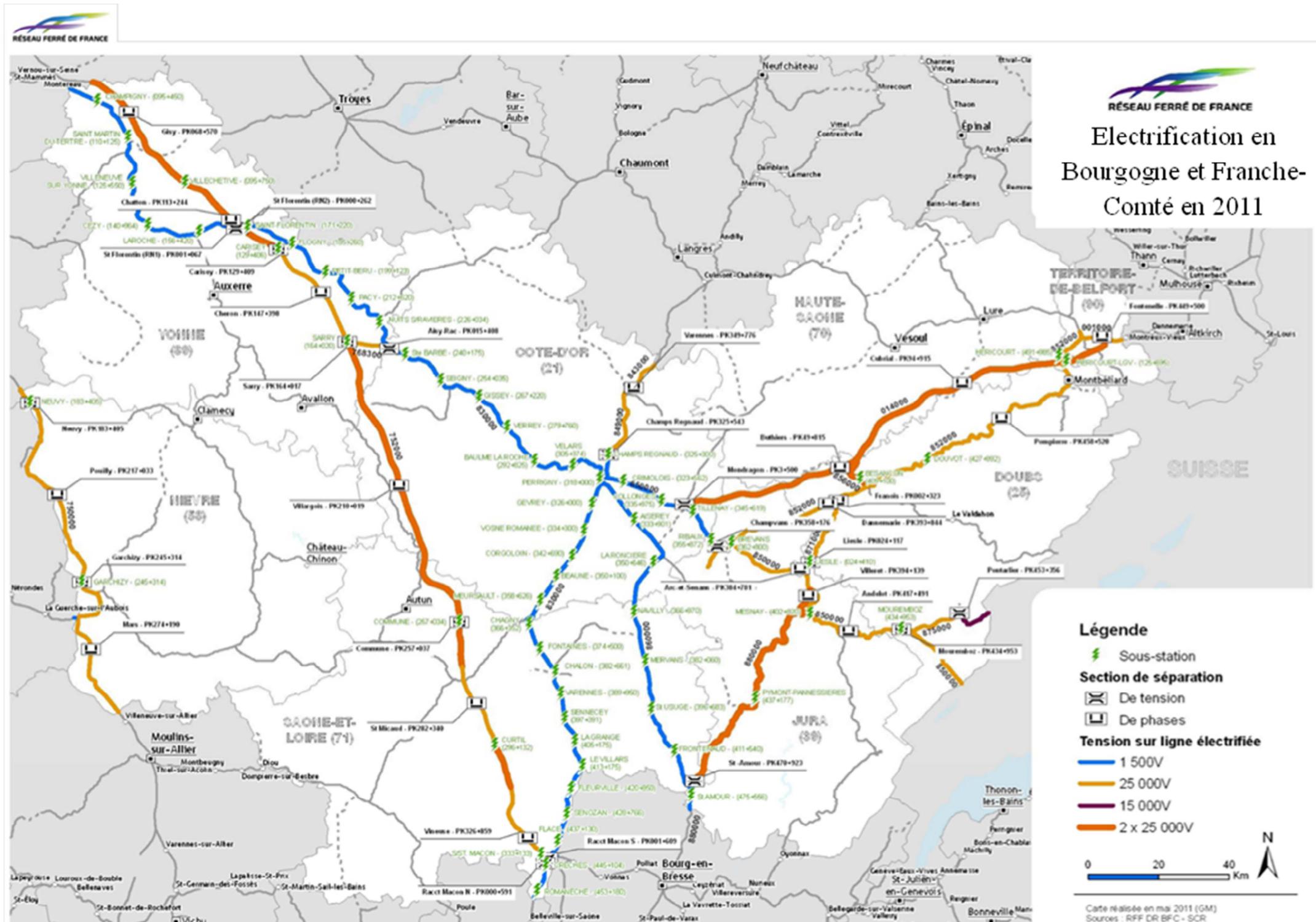


Figure 33 : Carte d'électrification du réseau ferré de Bourgogne et Franche-Comté 2011

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.3.3.1.2 Autres équipements des lignes

D'autres équipements sont nécessaires à l'électrification de la ligne : les postes de sectionnement et de mise en parallèle (PSMP), les postes de mise en parallèle (PMP) et les autotransformateurs (AT). Ci-après les Pk approximatifs de leurs implantations à affiner dans les études à venir.

#### 3.3.3.1.2.1 Electrification en 1\*25kV

PK approximatif des postes de sectionnements et de mise en parallèle :

- En pleine ligne
  - PSMP 1 : 35+000 ;
  - PSMP 2 : 70+257 ;
  - PSMP 3 : 115+678 ;
  - PSMP 4 : 145+000.
- Au raccordement en Gare de Montchanin
  - Section de séparation de phase 25 kV LGV / 25 kV : raccordement de Montchanin (*Cf. 2.8.3 Variante 3*).
- Au triangle de Chagny
  - Section de séparation de tension : 25 kV / 1500 V.

#### 3.3.3.1.2.2 Electrification en 2\*25kV

#### 3.3.3.1.2.3

PK approximatif des postes de sectionnements et de mise en parallèle :

- En pleine ligne
  - PSMP 1 : 28+060 ;
  - PSMP 2 : 86+655 ;
  - PSMP 3 : 130+00.
- Au raccordement en Gare de Montchanin
  - Section de séparation de phase 25 kV LGV / 25 kV : raccordement de Montchanin (voir figure 2 et 3).
- A triangle de Chagny
  - Section de séparation de tension : 25 kV / 1500 V.

PK approximatif des postes de mise en parallèle :

- PMP 1 : 9+480 ;
- PMP 2 : 28+437 ;

- PMP 3 : 47+663 ;
- PMP 4 : 57+408 ;
- PMP 5 : 76+906 ;
- PMP 6 : 96+402 ;
- PMP 7 : 115+899 ;
- PMP 8 : 135+647 ;
- PMP 9 : 149+292.

PK approximatif des autotransformateurs (puissance unitaire de 10 MVA) :

- AT 1 : 9+479 ;
- AT 2 : 28+436 ;
- AT 3 : 47+662 ;
- AT 4 : 57+409 ;
- AT 5 : 76+907 ;
- AT 6 : 86+654 ;
- AT 7 : 96+402 ;
- AT 8 : 115+898 ;
- AT 9 : 135+646 ;
- AT 10 : 149+290.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

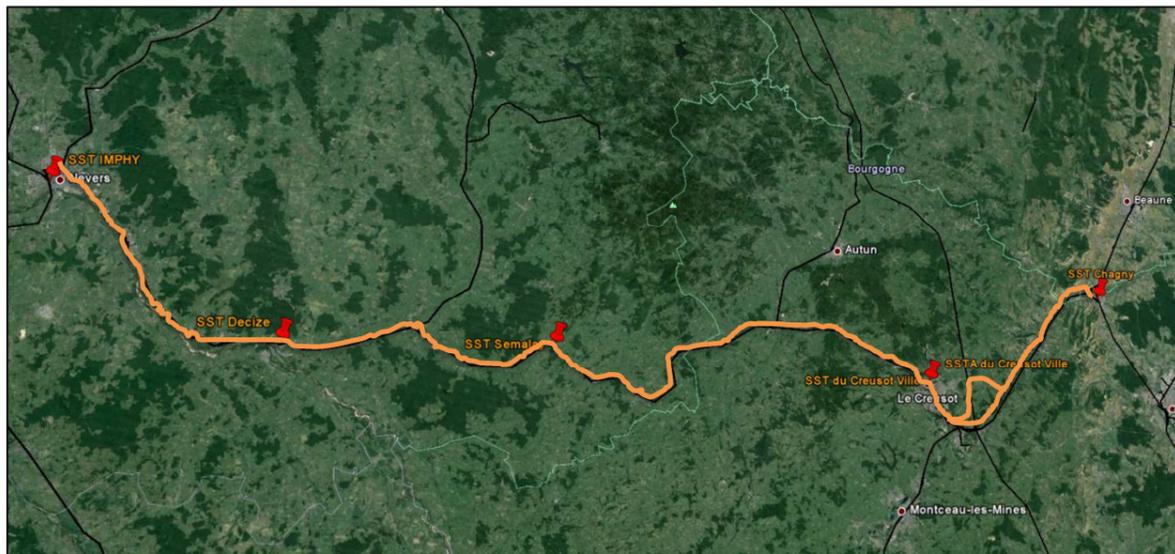
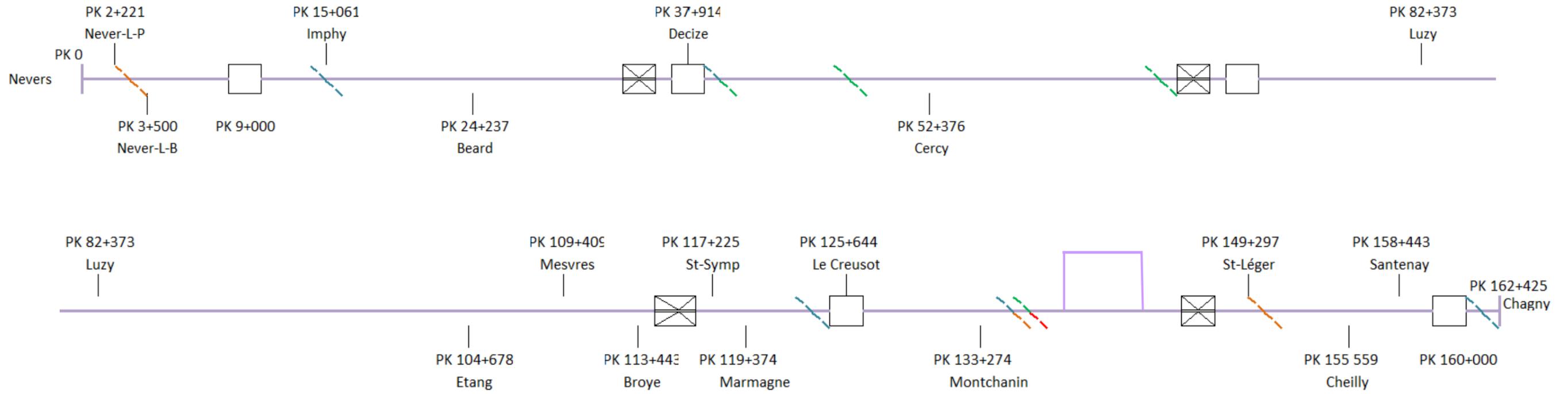


Figure 34 : Emplacement géographique des SST en 1\*25Kv

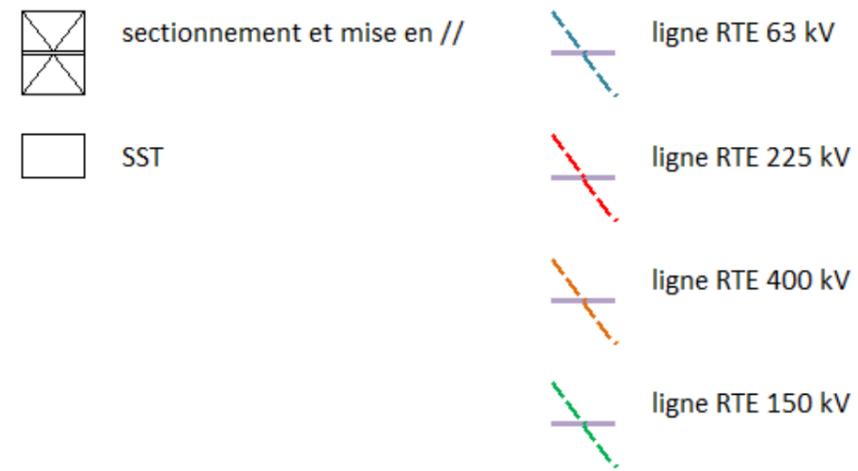


Figure 35 : Synoptique des emplacements des SST et des sectionnements en électrification 1\*25kV

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

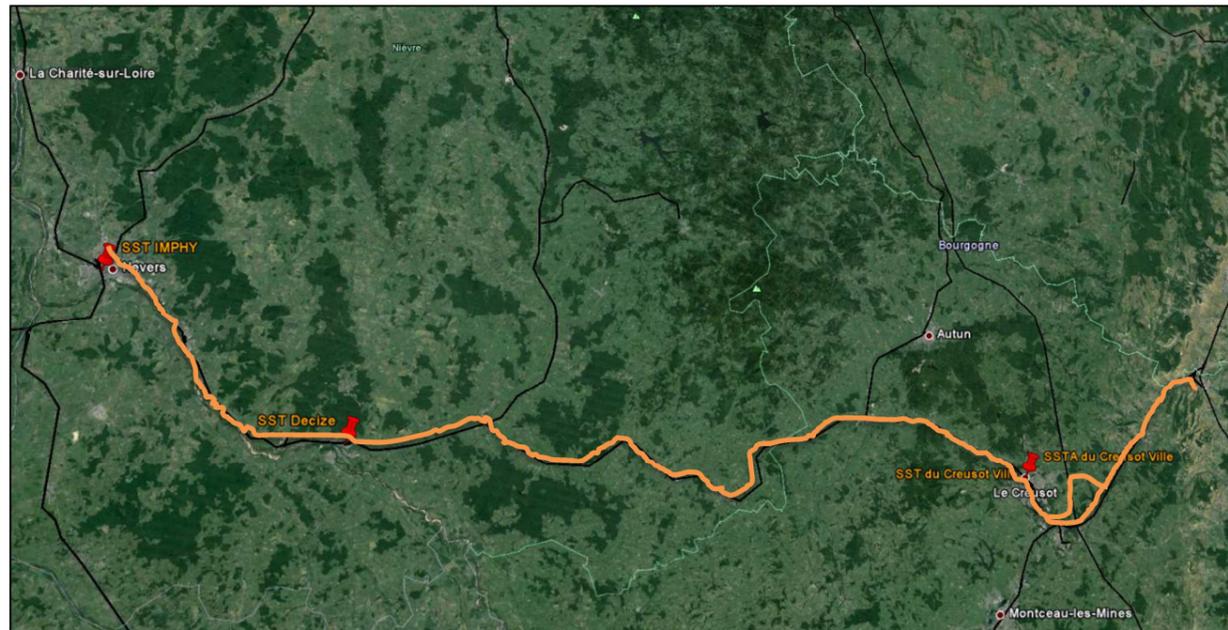
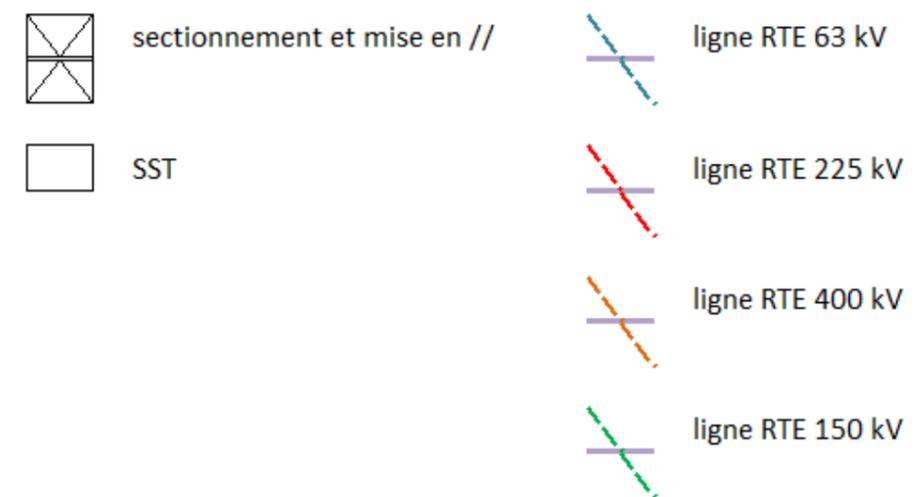
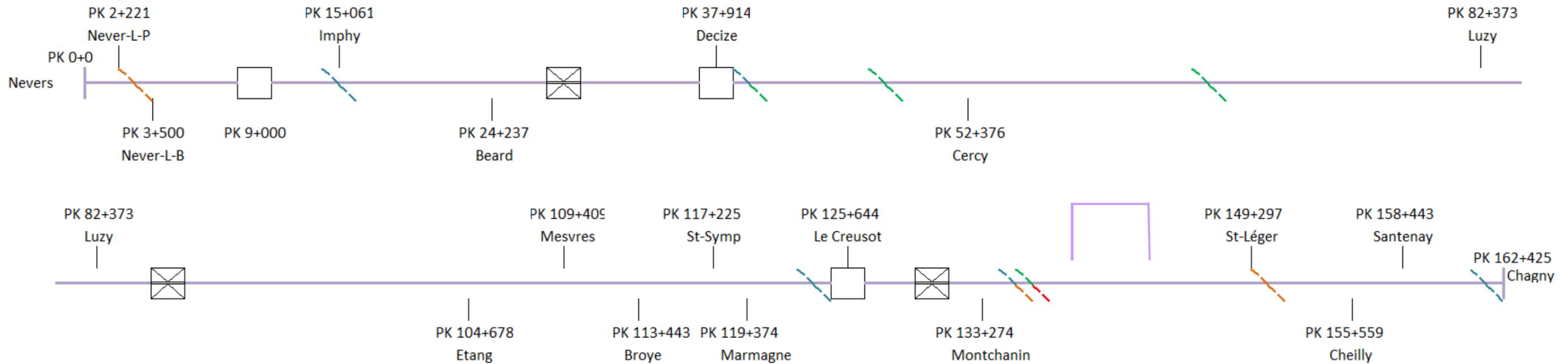


Figure 36 : Emplacement géographique des SST en 2\*25Kv

Figure 37 : Synoptique des emplacements des SST et des sectionnements en électrification 2\*25kV

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.3.3.1 Équipements EALE

Trois types de caténaires 25kV habituelles existent :

| Caténaire                | Vitesse maximale admissible |
|--------------------------|-----------------------------|
| Caténaire type 85 (SNCF) | 200 km/h                    |
| Caténaire type 98        | 140 km/h                    |
| Caténaire LGV type V300  | 300 km/h                    |

Tableau 5 : Types de caténaires

La vitesse des matériels roulants (MR) sur le parcours varie de 60 à 140 km/h, sauf pour une portion de la ligne allant de Fours à Remilly – Saint-Honoré les Bains (moins de 10 km) où les MR circulent à 145 km/h sur V2 (sens Chagny-Nevers). Si cette portion de ligne est maintenue à 145 km/h, son électrification devra se faire en type 85.

Il peut être envisageable d'utiliser une caténaire type 85 uniquement sur la partie à 145 km/h, et le reste en type 98, mais une étude plus approfondie devra être réalisée. Il paraît inacceptable d'un point de vue exploitation de passer cette portion de ligne en mode thermique.

En l'absence d'autres informations, **nous considérons par défaut que la caténaire à installer est de type 85<sup>2</sup>**. Il s'agit d'un choix provisoire maximaliste dont les caractéristiques sont rappelées ci-après :

|                                       | Voie principale            | Voie de service            |   |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
|                                       | Caténaire régularisée      | Caténaire non régularisée  | Ligne de contact simple non régularisée                   |
| <b>PORTEUR</b>                        | Bronze 65 mm <sup>2</sup>  | Bronze 65 mm <sup>2</sup>  | X   |
| <b>Conductivité</b>                   | 60%                        | 60%                        | X   |
| <b>Tension du porteur</b>             | 12kN                       | 10kN à +15°C               | X   |
| <b>FIL de CONTACT</b>                 | Cuivre 107 mm <sup>2</sup> | Cuivre 107 mm <sup>2</sup> | Cuivre 107 mm <sup>2</sup>                                |
| <b>Conductivité</b>                   | 98%                        | 98%                        | 98%   |
| <b>Tension du fil de contact</b>      | 12kN                       | 10kN à +15°C               | 8kN à +15°C<br>10kN à +15°C pour fil issu d'une caténaire |
| <b>Vitesse de circulation en km/h</b> | 200<br>220 pour TGV        | 60                         | 40  |

Tableau 6 : Caractéristiques de la caténaire type 85

Cette caténaire est composée :

- De pendules, réalisant la suspension du fil de contact sur le porteur ;
- D'un conducteur de protection aérien (CdPA) en câble aluminium-acier de 93 mm<sup>2</sup> de section, tendu à 4kN à 15°C ;
- D'un câble de terre enterré (CdTE) constitué d'un câble en cuivre de 25 mm<sup>2</sup> de section protégé par une gaine de plomb, non isolé et enterré d'un côté de la plateforme ;
- D'un feeder (si électrification en 2x25 kV) d'alimentation en câble cuivre de 288 mm<sup>2</sup> de section, tendu à 8,8 kN à 15°C.

**NOTA** : Cette caténaire est sous licence SNCF. Son utilisation est contrainte par l'achat des droits auprès de la SNCF.

L'équipement des voies principales est réalisé principalement à l'aide de supports indépendants.

Quelle que soit la température ambiante dans la plage de -20 à +50 °C, la tension mécanique des conducteurs est maintenue constante à l'aide d'appareils tendeurs disposés au maximum, tous les 1200 à 1400 mètres environ.

La hauteur normale du plan de contact est de 5,50 m au droit des suspensions. Cette hauteur est portée à 6,10 m/6,20 m pour les suspensions encadrant les passages à niveau et elle ne peut, dans les conditions les plus défavorables et sur tout le tronçon de ligne, être inférieure à 4,64 m<sup>3</sup>. En alignement, la distance maximale entre deux poteaux est de 63 m. Elle est limitée à 54 m dans les zones ventées.

<sup>2</sup> On maintient cette hypothèse pour toutes les variantes d'étude.

<sup>3</sup> Cf. §2.4 Ouvrages d'art

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.4 Ouvrages d'art

#### 3.4.1 Fonctionnalités

Les études fonctionnelles et d'exploitation prévoient :

- L'électrification de la ligne classique et du raccordement ;
- L'augmentation du trafic fret et voyageur se traduisant par une augmentation du nombre d'essieu passant sur les ouvrages ;
- L'augmentation des vitesses de circulation sur certains secteurs (Cf. Rapport étude d'exploitation) ;
- L'augmentation du tonnage à l'essieu pour le fret avec le passage de la catégorie C4 à D4 ;
- La mise au gabarit GB1 ;
- La création d'un nouveau raccordement permettant la correspondance entre TER<sup>®</sup> et TGV<sup>®</sup>.

##### 3.4.1.1 Référentiels techniques utilisés

Les référentiels utilisés sont listés ci-après :

- IN 0166 : Gabarit d'isolement des pantographes et de la ligne aérienne de contact ;
- IN 0162 : Implantation des obstacles par rapport aux voies (gabarits d'obstacles) et des voies entre elles (entraxes), pour des vitesses de circulation ne dépassant pas 200 km/h ;
- IN 2542 : Relèvement de la vitesse limite des circulations et cas assimilés – dispositions techniques à respecter ;
- IN 1263 : Règles concernant la vérification de la résistance des ponts métalliques sous rails.

#### 3.4.2 Hypothèses

A ce stade des études, plusieurs hypothèses fondamentales sont retenues pour cadrer les investissements et investigations à mener.

- Concernant l'électrification, le dégagement du gabarit électrique et l'incorporation des équipements se traduit par :
  - une hauteur minimale sous ouvrage au sens de l'IN 0166 ;
  - l'intégration des supports, des mâts caténaux ou des suspensions en tunnel.
- Le raccordement est prévu à double voie.

**NOTA** : concernant le cas d'un passage à niveau proche d'un passage supérieur, la contrainte est liée à l'électrification : pour un passage à niveau, il est nécessaire de lever suffisamment la caténaire pour dégager le gabarit routier (entre 6,10 m et 6,20 m). Ainsi, si un pont-route est à une distance trop faible pour permettre de redescendre la caténaire entre les deux ouvrages, il représente une contrainte même si la hauteur libre propre respecte les contraintes initiales d'électrification (hauteur libre > 5.4 m).

A ce stade, il est considéré qu'un ouvrage situé à moins de **1000 m** d'un PN doit intégrer cette contrainte.

Pour le passage du gabarit GA à GB1, le tunnel du Creusot représente le principal point dur sur toute la ligne. L'IN 0162 (EF 1C 3) version n°5 fait référence.

Enfin, pour le passage de la classe C4 à D4, seul le tronçon Nevers (Pk1.101) – Luzy(93.879) est concerné ; le reste de l'installation est déjà au niveau D4. L'IN 2542 tient lieu de référence.

Malgré l'absence de données sur certains ouvrages, il est considéré que la problématique concerne essentiellement le comportement des OA existants vis-à-vis de la fatigue et de la réaction dynamique.

Le passage de C4 à D4 induit une augmentation de charge de **13 %**.

Ce point devra néanmoins faire l'objet d'une vérification pour les ouvrages les plus vétustes et ceux montrant des signes avancés de dégradation.

A ce stade, nous considérons que les petits OA supporteront cette évolution et ne nécessiteront pas d'investissement ; il s'agit des ouvrages hydrauliques de type aqueduc, dalot, buses, etc. dont la portée est inférieure à 2,00 m.

Il en est de même pour les ouvrages maçonnés en bon état au sens des inspections détaillées (cf. données d'entrées fournies en début d'étude).

#### 3.4.3 Analyse technique

##### 3.4.3.1 Dégagement du gabarit électrique et mise au gabarit GB1

L'électrification se fera par l'implantation d'une ligne aérienne de contact tout au long des voies et à une certaine hauteur du plan de roulement. Cette ligne est maintenue par l'intermédiaire de mâts caténaux implantés de part et d'autre des voies à intervalle régulier.

Sur tout le linéaire, il importera de vérifier le dégagement du gabarit électrique composé du pantographe et du conducteur ainsi que l'intégration des supports de la caténaire.

Le passage du gabarit GA à GB1 vise une augmentation de la hauteur pour les circulations de marchandises. L'IN 0162 (EF 1C 3) version n°5 apporte les caractéristiques géométriques des gabarits.

La figure ci-contre illustre les différences entre le gabarit GA et le GB1 ; il comporte également le gabarit électrique (25 kV, suspension aux faces) :

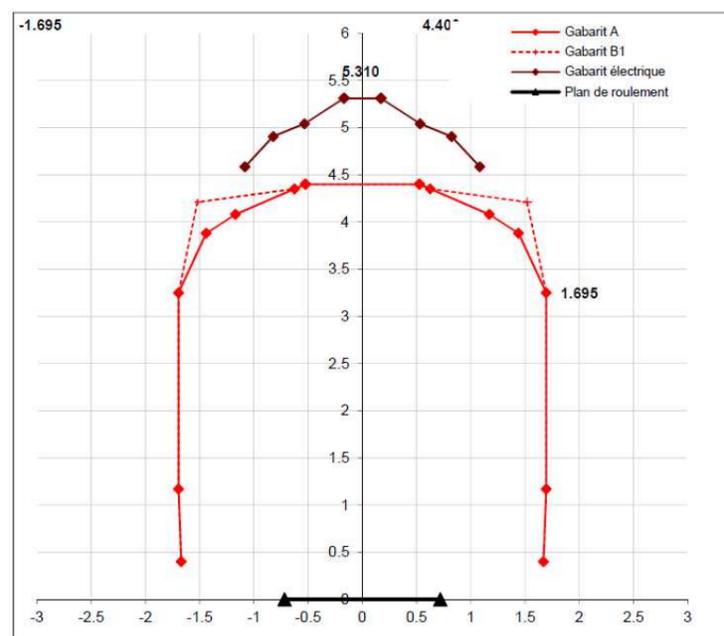


Figure 38 : comparaison des gabarits GA et GB1

En tout point de la ligne, le gabarit GB1 doit être disponible.

Le tunnel du Creusot représente le principal point dur sur toute la ligne. Les ponts-routes maçonnés et voûtés constituent également des points durs mais leur mise au gabarit électrique induit de facto le respect du gabarit GB1.

Principalement, il convient de vérifier qu'en tout point de la ligne, la hauteur libre offerte par les obstacles, notamment les ponts-routes (l'intitulé Pont Route englobe l'ensemble des passages supérieurs : passerelle, saut de mouton et pont route), permette d'inscrire ces équipements. L'IN 0166 définit les emprises à respecter.

Les ponts-routes représentent les obstacles majeurs car généralement implantés au plus près du gabarit non électrifié et donc souvent avec des hauteurs libres réduites.

Une analyse ouvrage par ouvrage de la hauteur libre est alors nécessaire. Et, suivant les amplitudes, il sera nécessaire de réaliser des travaux plus ou moins lourds sur ces derniers (reconstruction, exhaussement,...).

En considérant une alimentation de 25 kV, le gabarit d'isolement électrique des pantographes et de la ligne de contact au droit d'un passage supérieur (Pont route – PRO) est défini par l'annexe 2B de l'IN0166.

A ce stade, le choix du type de caténaire et de support n'est pas encore arrêté. Le tableau suivant illustre, les différentes hauteurs libres minimales en fonction de la hauteur de chargement (gabarit MR) et du mode de fixation de la caténaire au niveau de l'ouvrage :

| Type de l'équipement    | Hauteur du gabarit de chargement | Hauteur libre minimale | Valeurs minimales des niveaux du plan de contact à considérer lors de l'installation à la suspension |   |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------|--|---|
|                         |                                  |                        | entre suspensions à la température maximale  | entre suspensions à la température maximale |
| Suspensions aux faces   | 4 280 <sup>(2)</sup>             | 5 240                  | 4 670  | 4 620                                       |
|                         | 4 400 <sup>(3)</sup>             | 5 310                  | 4 740  | 4 690                                       |
|                         | 4 500 <sup>(4)</sup>             | 5 460                  | 4 890  | 4 840                                       |
| Passage libre           | 4 280 <sup>(2)</sup>             | 5 190                  | 4 670  | 4 620                                       |
|                         | 4 400 <sup>(3)</sup>             | 5 260                  | 4 740  | 4 690                                       |
|                         | 4 500 <sup>(4)</sup>             | 5 410                  | 4 890  | 4 840                                       |
| avec ancrage du porteur | 4 280 <sup>(2)</sup>             | 4 950                  | 4 650  | 4 620                                       |
|                         | 4 400 <sup>(3)</sup>             | 5 020                  | 4 720  | 4 690                                       |
|                         | 4 500 <sup>(4)</sup>             | 5 170                  | 4 870  | 4 840                                       |

Tableau 7 : extrait annexe 2B de l'IN 0166 - hauteur libre

Le gabarit de chargement à 4.4 m étant le cas le plus courant, il est retenu par hypothèse. Pour ne pas figer le choix du type de fixation de la caténaire, les cas de figure suivants sont envisagés :

- H libre ≤ 5.02 m. quel que soit le système de support, la hauteur est trop faible. Des travaux sont à effectuer sur les ouvrages ;
- H libre ≥ 5.31 m, tous les systèmes sont envisageables. Aucune modification d'ouvrage n'est à entreprendre ;
- 5.02 m < H libre < 5.31 m : une adaptation du profil en long de la caténaire ou des travaux directement sur l'ouvrage doivent être envisagés.

**NOTA 1** : concernant le cas d'un passage à niveau proche d'un passage supérieur, il est nécessaire de surélever suffisamment la caténaire pour dégager le gabarit routier (entre 6,10m et 6,20m). Ainsi, un pont-route situé à proximité d'un PN devra dégager une hauteur supérieure à celle d'une section courante.

Au niveau de la distance entre un PN, le respect des gabarits routiers conduit à augmenter la hauteur libre à 6,10 m voire 6,20 m contre 5.02 m ou 5.31 m. Les ponts-routes à proximité seront donc davantage impactés.

**NOTA 2** : Ces hauteurs devront toujours considérer les évolutions altimétriques de la plateforme de roulement soit par insuffisance de portance dans les secteurs C4 soit par changement du groupe UIC. A ce stade, aucun exhaussement n'est intégré car les modifications de plateforme sous les ouvrages se feront par RVB (Cf. § 2.5 voie ferrée).

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

### 3.4.3.1.1 Conséquences sur les PRO

#### 3.4.3.1.1.1 Méthodologie

Les Ponts routes (sous cet intitulé sont regroupés en fait tous les passages supérieurs) qui enjambent la plateforme ferroviaire seront principalement concernés par le dégagement des nouveaux gabarits : gabarit d'électrification et gabarit GB1.

Ouvrage après ouvrage et pour chaque voie, la hauteur libre disponible doit être comparée à la hauteur libre nécessaire pour le passage des gabarits.

L'implantation des PRO doit également être prise en compte vis-à-vis des PN afin d'intégrer les sur hauteurs nécessaires pour le passage des gabarits routiers.

La base FICOA associée aux fiches de relevé d'obstacle est retenue pour identifier tout au long de la ligne :

- les ouvrages devant être reconstruits. Il s'agit de la solution la plus contraignante ;
- les ouvrages pour lesquels un relèvement de hauteur pourrait être envisagé par rehaussement du tablier ou par abaissement de la plateforme ferroviaire ;
- les secteurs ou le profil en long des caténaires pourraient être adapté. Cela passera par la modification du système de fixation des caténaires au droit de l'OA.

#### 3.4.3.1.1.2 Traitement des données d'entrée de l'existant

La base FICOA, version du 31.12.2009, indique les hauteurs libres pour chacun des PRO. Les fiches d'obstacles apportent un relevé précis de tout le contour de la section la plus contrainte.

Les fiches de relevé d'obstacles sont réputées fiables pour la définition des hauteurs libres ; elles serviront de référence. Leur complétude doit néanmoins être établie.

Un premier travail de vérification de la base FICOA est effectué par comparaison avec les fiches d'obstacle. L'objectif recherché est de vérifier la fiabilité de la base FICOA → 38 Ponts-routes (PRO) franchissent la ligne (base FICOA version du 31.12.2009) avec une majorité d'ouvrage routier.

La vérification de la base FICOA et des fiches d'obstacles montre que sur ces 38 PRO :

- 8 PRO non pas de fiche d'obstacle (en tout cas en notre possession). La base FICOA devient la référence pour ces OA ;
- Sur 30 PRO ayant une fiche, 5 PRO comportent une incohérence entre le relevé et la base FICOA.

Seul 1 PV d'inspection détaillée a été diffusé. Il s'agit du PRO Pk 125+744.

Plusieurs types de structure ont été utilisés pour les PRO. Pour chacun d'entre eux, le type d'appui (simple ou encastré) est défini soit par hypothèse soit à partir d'une information disponible.

Le paramètre des appuis renseigne la faisabilité du rehaussement du tablier si la hauteur libre existante le demande.

Le rehaussement d'un PRO pourrait être impossible dans le cas où le tablier est encastré à ses culées ou à des piédroits. Cela pourrait être le cas par exemple des ouvrages en cadre.

C'est le cas par exemple pour le PRO situé au Pk 134+265 sur la commune de Torcy. La figure ci-contre donne aperçu du cadre en béton armé.



Figure 39 : PRO cadre du Pk 134+265

Les types de structure rencontrés ainsi que leur mode d'appui sont établis de la manière suivante :

- Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint à poutres sous dalle ou dalle nervurée en béton armé ;  
→ Appui simple (pas d'encastrement) ;
- Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-dalle non élégi en béton armé ;  
→ Appui simple, par hypothèse ;
- Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52, acier 42 ou rails ;  
→ Appui simple ;
- Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint à poutres en caisson inférieur ou tubulaire en béton armé ;  
→ Appui simple ;
- Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-cadre en béton armé ;  
→ Appui encastré, rehaussement impossible ;
- Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-portique ("U" renversé) en béton armé ;  
→ Appui encastré, rehaussement impossible ;
- Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élégissement en pierres de taille ou moellons ;  
→ Encastrement. De plus dans le cas d'ouvrage maçonné le rehaussement du tablier n'est pas possible ;
- Passerelle à piétons, support de transporteurs et de canalisations ;

→ Appui simple. Les passerelles restent des ouvrages modestes. Leur rehaussement est jugé possible quel que soit leur mode d'appui et leur structure.

Le tableau ci-après donne une décomposition des PRO en fonction du type de structure et des hauteurs libres existantes :

| Type de PRO          |    |     | Hauteur ≤ 5.02m |   | 5.02m < Hauteur ≤ 5.31m |  | Hauteur > 5.31m |  |
|----------------------|----|-----|-----------------|---|-------------------------|--|-----------------|--|
| Nb PRO "Maçonné"     | 16 | 42% | 12              | 0 | 4                       |  |                 |  |
| Nb PRO "BA appuyé"   | 16 | 42% | 3               | 2 | 11                      |  |                 |  |
| Nb PRO "BA encastré" | 3  | 8%  | 0               | 1 | 2                       |  |                 |  |
| Nb PRO "passerelle"  | 3  | 8%  | 1               | 0 | 2                       |  |                 |  |
|                      | 38 | -   | 16              | 3 | 19                      |  |                 |  |

Tableau 8 : synthèse des PRO par type en fonction de leur hauteur libre existante

Plus de la moitié des PRO présente une hauteur libre > 5.31 m.

Concernant les PRO dont la hauteur libre est ≤ 5.02 m, il est constaté que cela concerne essentiellement les ouvrages maçonnés soit 12 OA.

Entre 5.02 m et 5.31 m, peu d'ouvrages se retrouvent dans cette fourchette de hauteur.

A noter que la proximité des PN avec certains PRO pourrait induire des hauteurs libres plus importantes pour dégager les gabarits routiers au droit des PN.

### 3.4.3.1.1.3 Programme de travaux sur les PRO

Au niveau EP, il n'est pas prévu de modifier le profil en long de la plateforme ferroviaire car suivant l'amplitude recherchée elle induit des modifications de profil en long conséquentes. En considérant, les PRA et les PN avoisinants les PRO en question, ces modifications peuvent être très coûteuses.

Le tableau ci-contre précise pour chaque ouvrage, les travaux envisagés mais également les variantes possibles. Elles devront être étudiées après un diagnostic ciblé et une étude spécifique.

Pour le PRO situé au Pk 134+265 sur la commune de Torcy, une modification du profil des caténaires est impérative.

Pour le PRO situé au Pk105+738 sur la commune d'Etang sur Arroux, il doit être envisagé un rehaussement accompagné d'une adaptation du profil des caténaires.

NOTA : les hauteurs libres comportant un « \* » ont été adaptées dans la base FICOA sur la base des fiches d'obstacle.

| Point métrique | Nom de l'OA                                    | Commune              | Type d'ouvrage  | Hauteur libre (m) | Somme des portées (m) | Largeur de la route (m) | Surface tablier (m²) | Commentaires / Travaux envisagés   | Optimisation possible                       |
|----------------|--|----------------------|---|-------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|--|---|
| 2075           | Pro de Vauzelles sur CD 167                    | Varenes-Vauzelles    | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-dalle non élagé en béton armé                          | 4.7               | 9                     | 10.1                    | 90.9                 | Démolition et reconstruction   | Etudier le rehaussement                     |
| 2685           | Pro RN 7                                       | Nevers               | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 6.35*             | 14                    | 18                      | 252                  | -  | -   |
| 3005           | Passerelle piétons du Banlay                   | Coulanges les Nevers | Passerelle à piétons, support de transporteurs et de canalisations  | 4.65              | 27                    | 1.5                     | 40.5                 | Démolition et reconstruction   | Etudier le rehaussement                     |
| 3956           | Pro du Banlay                                  | Nevers et Coulanges  | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.5               | 32                    | 10                      | 320                  | -  | -   |
| 7979           | Pro déviation de la RN 7                       | Saint-Eloi           | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.5               | 15                    | 31.2                    | 468                  | -  | -   |
| 8367           | Pro sur RN 81                                  | Saint-Eloi           | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.5               | 15                    | 10.7                    | 160.5                | -  | -   |
| 8942           | Pro du chemin de Maison Rouge                  | Saint Eloi           | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.73              | 13                    | 4                       | 52                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 14584          | Pro de Chevenon CD 200                         | Imphy                | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.62              | 18                    | 7.5                     | 135                  | Démolition et reconstruction   | -   |
| 20523          | Pro du chemin de Port des Bois                 | Saint-Ouen sur Loire | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 7.12              | 14                    | 4                       | 56                   | -  | -   |
| 22255          | Pro de la Sablière de l'île Saint-Charles      | Saint-Ouen sur Loire | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-dalle non élagé en béton armé                          | 5.27              | 30                    | 4.4                     | 132                  | Rehaussement tablier   | Etudier la modification du profil caténaire |
| 25066          | Pro sur chemin de Béard à la Loire             | Béard                | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-dalle non élagé en béton armé                          | 5.5               | 28                    | 4                       | 112                  | -  | -   |
| 26037          | Pro du Riau                                    | Béard                | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 4.9*              | 17                    | 4                       | 68                   | -  | -   |
| 27044          | Pro du chemin d'Apilly à la Loire              | Druy-Parigny         | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 9.45              | 13                    | 4                       | 52                   | -  | -   |
| 37876          | Passerelle en gare de Decize                   | Decize               | Passerelle à piétons, support de transporteurs et de canalisations  | 5.32              | 35                    | 2                       | 70                   | -  | -   |
| 38544          | Pro de Vauzelles CV 12                         | Decize               | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 4.68              | 8                     | 4                       | 32                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 70899          | Pro sur chemin d'Avre à Semelay                | Semelay              | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 4.52              | 17                    | 4                       | 68                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 74004          | Pro du chemin des Berthelots                   | Avree                | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.6               | 17                    | 4                       | 68                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 83318          | Pro sur RD 228                                 | Luzy                 | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.69              | 11                    | 4.4                     | 48.4                 | Démolition et reconstruction   | -   |
| 85472          | chemin de Luzy à Mangy                         | Luzy                 | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 4.52              | 17                    | 4.1                     | 69.7                 | Démolition et reconstruction   | -   |
| 88165          | Pro sur chemin d'exploitation                  | Luzy                 | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.65              | 11                    | 4.2                     | 46.2                 | Démolition et reconstruction   | -   |
| 92700          | Pro sur chemin d'exploitation                  | Millay               | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.6               | 11                    | 4.2                     | 46.2                 | Démolition et reconstruction   | -   |
| 93917          | TIERS PRO sur RN                               | St Didier sur Arroux | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-portique ("U" renversé) en béton armé                  | 6.24              | 18                    | 10                      | 180                  | -  | -   |
| 103661         | PRO sous CV n° 5 d'Etang à La Comelle          | Etang sur Arroux     | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte surbaissée sans élagissement en pierres de taille ou moellons      | 6.7               | 18                    | 3.9                     | 70.2                 | -  | -   |
| 104045         | PRO BA sous CD 944 (travée gauche)             | Etang sur Arroux     | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-dalle non élagé en béton armé                          | 5.49              | 10                    | 10.5                    | 105                  | -  | -   |
| 104045         | PRO TPE sous CD 944 (travée centrale + droite) | Etang sur Arroux     | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.49              | 26                    | 10.5                    | 273                  | -  | -   |
| 105738         | PRO sur CD n° 61                               | Etang sur Arroux     | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 4.95              | 12                    | 7.6                     | 91.2                 | Rehaussement tablier et modification du profil caténaire   | -   |
| 119356         | Passerelle de Marmagne                         | Marmagne             | Passerelle à piétons, support de transporteurs et de canalisations  | 6.01              | 36                    | 1.5                     | 54                   | -  | -   |
| 125744         | PRO Pont de la Direction                       | Le Creusot           | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint à poutres en caisson inférieur ou tubulaire en béton armé   | 4.8               | 57                    | 14                      | 798                  | Ouvrage classé en urgence 0 (chute de bloc sur les voies), démolition et reconstruction                          | -   |
| 126796         | PRO sur CD n° 1 rue Wilson                     | Le Creusot           | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint à poutres sous dalle ou dalle nervurée en béton armé        | 5.05*             | 11                    | 18.2                    | 200.2                | Rehaussement tablier   | Etudier la modification du profil caténaire |
| 127598         | TIERS SDM sur ex voie Creusot Loire            | Le Creusot           | Pont-rail à poutrelles ou rails enrobés à poutrelles ou rails sans évidement poutrelles en acier 42             | 5.5               | 15                    | 7.4                     | 111                  | -  | -   |
| 127620         | TIERS PRO sur voie routière                    | Le Creusot           | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 42                               | 5.5               | 13                    | 10                      | 130                  | -  | -   |
| 132830         | PRO sur CD n° 290                              | Torcy                | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.74              | 26                    | 6.5                     | 169                  | -  | -   |
| 134265         | TIERS PRO CUCM                                 | Torcy                | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-cadre en béton armé                                    | 5.3*              | 9                     | 9                       | 81                   | Pont cadre avec tablier encastré<br>-> pas de rehaussement possible<br>-> modification du profil de la caténaire | -   |
| 134803         | TIERS SDMLGV                                   | Torcy                | Pont-route (ou autre) en béton armé ou précontraint pont-cadre en béton armé                                    | 6.6*              | 9                     | 9                       | 81                   | -  | -   |
| 134945         | PRO sur chemin rural                           | Ecuisses             | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.8               | 10                    | 4.3                     | 43                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 138593         | PRO Maçonnerie sur CD                          | St Julien sur Dheune | Pont-route (ou autres) en maçonnerie à voûte en plein cintre sans élagissement en pierres de taille ou moellons | 4.57              | 10                    | 3.9                     | 39                   | Démolition et reconstruction   | -   |
| 160376         | PRO TPE sur déviation de Corpeau à Remigny     | Remigny              | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.4*              | 45                    | 11                      | 495                  | -  | -   |
| 161581         | Pro TPE RD 974                                 | Chagny               | Pont-route (ou autre) à poutrelles enrobées sans évidement poutrelles en acier 52 ou rails                      | 5.75              | 18                    | 10.5                    | 189                  | -  | -   |

■ Hauteur libre < 5,02m    ■ 5,02m < Hauteur libre < 5,31m    ■ Hauteur libre > 5,31m  
\* : plusieurs interceptions classiques (quelques heures à chaque fois) pour les phases transitoires (travaux sur les culées)

Tableau 9 : Programme de travaux pour les PRO

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

#### 3.4.3.1.1.4 Description des travaux sur les PRO

**Les travaux se feront sous fermeture complète de la ligne et de jour.**

**La durée habituellement nécessaire pour la reprise d'un PRO est de 2 x 1 jour d'interruption (solution préconstruite) avec plusieurs interceptions classiques (quelques heures) pour les phases transitoires (travaux sur les culées).**

Les travaux de démolition et reconstruction consistent principalement à :

- Réaliser le nouvel ouvrage en premier de manière à assurer la continuité de service de la voie portée. Le pont est alors réalisé classiquement :
  - Terrassement des culées, de la future voirie et des piles lorsqu'elles sont nécessaires ;
  - Réalisation des réseaux d'assainissement si besoin ;
  - Réalisation des fondations profondes ou superficielles ;
  - Réalisation des culées et des piles ;
  - Réalisation du tablier y compris les superstructures ;
  - Réalisation des raccordements et des voiries.
- Dévoier dans le nouvel ouvrage les éventuels réseaux franchissant le PRO existant ;
- Démolir l'ouvrage existant ainsi que ses raccordements.

Les travaux de rehaussement consisteront principalement en :

- La mise place d'une déviation des circulations ;
- Le dévoiement provisoire des réseaux traversant l'ouvrage ;
- La dépose de tout ou partie des superstructures ;
- Au dégagement des joints de dilatation ;
- En parallèle, la mise en place de palée provisoire et des équipements de vérinage au droit des culées et des piles ;
- Au vérinage du tablier sur une hauteur suffisante ;
- Les reprises de maçonnerie de structure sur les piles et les culées ainsi que les éventuelles dalles de transition ;
- La mise en place des nouveaux appuis ;
- La repose du tablier ;
- La reprise des VRD.

L'ensemble des PRO sera équipé d'auvents de protection vis-à-vis des caténaires.

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.4.3.1.1.5 Risques identifiés sur les PRO

Au-delà des sujétions techniques propres aux techniques de construction des PRO, des provisions pour risques et imprévus sont à prévoir pour :

- Les déviations de circulation et le rétablissement des voiries. Suivant les configurations, rase campagne ou milieu urbain, les déviations ainsi que les rétablissements de voirie seront plus ou moins complexes et importantes (présence d'un rond-point par exemple) ;
- La nécessité de prévoir la réalisation de mur de soutènement de hauteur importante au droit des nouveaux ouvrages.

### 3.4.3.1.2 Conséquences sur le tunnel du Creusot

#### 3.4.3.1.2.1 Méthodologie

Le tunnel du Creusot pourrait représenter un point dur vis-à-vis du dégagement des nouveaux gabarits GB1 et électrique.

Dans une moindre mesure, le système de fixation des supports caténaire devra être conçu et adapté aux caractéristiques intrinsèques du tunnel.

Une première opération consiste à vérifier la hauteur et la largeur libre du tunnel par rapport au gabarit GB1 et électrique.

Il sera ainsi possible de définir l'amplitude du décaissé à créer, s'il s'avère nécessaire.

En fonction des travaux projetés, il convient de définir les caractéristiques techniques des ouvrages existants, notamment :

- Le contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique ;
- Sur le revêtement maçonné, ses fondations et ses éventuelles pathologies ;
- La structure de la plateforme (radier, rocher, ballast...).

#### 3.4.3.1.2.2 Traitement des données d'entrée de l'existant

Des sondages ont été effectués en septembre 1977 (SIMECOL, travaux de sondages en tunnels, décembre 1977, rapport 4891.23.02). Ils permettent de caractériser le massif encaissant autour des maçonneries et donnent des informations sur le parement maçonné. Ces sondages ont été effectués sur toute la longueur du tunnel et en différents points de la voûte (piédroits, reins, voûte et plateforme). Seulement, deux sondages de la plateforme ont été effectués.

Dans la perspective de dégager les nouveaux gabarits par un décaissement de la plateforme ferroviaire, la nature de cette plateforme devient un paramètre important.

La plateforme a été sondée au PM43 et PM900. Le PM 0 se situe côté Nevers et le PM931, côté Chagny.

D'après ces reconnaissances et en ces deux points de mesure, la plateforme se compose d'une épaisseur de ballast fondée sur un substratum granitique. La hauteur de ballast varie entre 50cm et 80cm. Ces variations apparaissent sur seulement 2 points de reconnaissance. Elles sont donc à considérer avec précaution. La principale information est l'absence de radier sous la plateforme.

En revanche, il n'est pas possible de caractériser la géométrie des fondations. Même si les plans d'époque ne semblent pas l'indiquer, la présence de semelle débordant dans le tunnel ne peut pas être exclue.

La maçonnerie du revêtement quant à elle, est constituée de moellons de calcaire cristallin gris (parement) et de granite très dur, scellés par un mortier de chaux peu cohésif. La coupe ci-après présente les épaisseurs moyennes constatées (les épaisseurs des sondages ont été réduites pour tenir compte de l'inclinaison des forages).

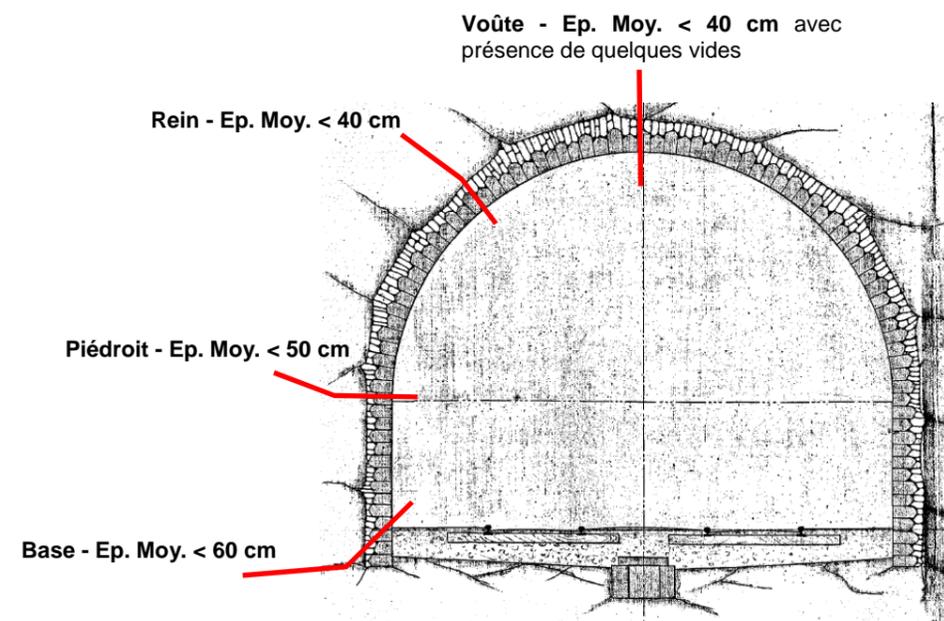


Figure 40 : Epaisseur moyenne du parement maçonné (sondage 1977)

En voûte, l'épaisseur peut descendre sous les 25 cm. Des vides ont également été constatés en voûte.

La dernière inspection détaillée date de 2008. Son PV démontre que l'ouvrage est « en bon état sans évolution depuis la dernière inspection ». Seuls des travaux sur l'exutoire du drain central sont à effectuer. La cotation moyenne est 2.98 (classe 1 « bon ») sur une échelle de 0 à 100 ; 100 représentant le pire état. Cette moyenne est valable sur 931 ml.

Au PM180, se trouve la cotation la plus défavorable du tunnel, avec un niveau à 34.4 (classe 2 « moyen »).

Aucun mouvement prononcé de l'ensemble de la voûte n'a été détecté. Aucun signe d'effondrement n'est relevé. Les venues d'eau, classique pour ce type d'ouvrage, n'ont pas causé de dégâts significatifs (déjointoiement excessif par exemple).

En 1997, le tunnel a fait l'objet de travaux de confortement et de drainage sur une distance cumulée de 86 m. (PM0-6, PM20-36, PM853-875 et PM889-931).

En conséquence, le tunnel et son état est jugé très satisfaisant.

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Cependant, aucune donnée géotechnique n'est à ce jour identifiée. La consultation des archives, l'analyse du contexte géologique et hydrogéologique permettront de proposer des hypothèses sur les propriétés géotechniques et les paramètres hydrogéologiques à prendre en considération.

Une campagne géotechnique et de reconnaissance pourra, dans la suite des études AVP PRO, être définie. Elle pourrait se faire en profitant des éventuelles fermetures pour les travaux prévus en 2017 et 2019 (régénération du mur d'entrée et reprise de l'exutoire du drain central) et en complément des forages déjà réalisés en 1977.

L'objectif recherché sera de pouvoir estimer par modélisation les éventuels besoins en confortement de la voûte dans le cas de travaux de décaissement et par conséquent dimensionner les fondations.

Enfin, la présence d'un massif rocheux à forte composante granitique à une profondeur pouvant être inférieure à 50 cm invite à la prudence quant aux amplitudes des décaissements.

En effet, ces roches peuvent s'avérer très résistantes et peuvent nécessiter, au-delà des pertes de cadences des engins de terrassement plus puissants dont les vibrations pourraient être incompatibles avec la nature du parement.

#### 3.4.3.1.2.3 Programme de travaux sur le tunnel du Creusot

La base APIPROG indique qu'en 2017 aura lieu une régénération du mur de revêtement en sortie du tunnel. En effet celui-ci présente des dégradations importantes ayant entraîné des travaux en urgence et des mesures d'exploitation. Il est également indiqué que la régénération de l'exutoire du drain central est planifiée en 2019 (cf. PV d'inspection qui recommande ces travaux).

Les travaux porteront essentiellement sur le dégagement des gabarits, l'ancrage des supports caténaux et la mise en sécurité des tunnels.

A ce stade des études, le décaissement de la plateforme sur 50 cm de haut paraît raisonnable.

Il convient par une étude de vérifier sur quelle longueur doit se faire cette adaptation de part et d'autre du tunnel. Nous retenons 150 ml.

Par ailleurs, s'agissant d'une opération de modernisation, certaines dispositions de sécurité au sens de l'ITI 98-300 seraient à déployer.

Il est rappelé que la ligne est inscrite au RTE-T et relève donc des STI et en particulier la STI tunnel pour le tunnel du Creusot. Cependant avec une longueur inférieure à 1000 m, l'ITI 98-300 reste le document applicable.

Supportant un trafic voyageur et un trafic fret, la ligne est considérée par hypothèse comme étant une **ligne mixte** au sens de l'ITI 98-300.

#### 3.4.3.1.2.4 Description des travaux sur le tunnel du Creusot

Selon toutes considérations, les travaux consisteront :

- Au titre de la modernisation du tunnel à :
  - Déposer la voie y compris à l'extérieur sur les longueurs de raccordement ;
  - Décaisser la plateforme jusqu'au niveau supérieur des terrassements ;
  - Conforter les fondations des piédroits et reprendre l'assainissement à l'avancement ;
  - Mettre en œuvre de la structure porteuse de la voie ;
  - Reposer de la voie y compris à l'extérieur ;

- Installer les supports caténaux.
- Au titre des études et des travaux de la mise en sécurité à :
  - Créer un accès routier et d'un parking à chaque tête du tunnel (ch. 3.1.1 de l'ITI) ;
  - Créer un de cheminement piéton sur chaque piédroit avec le dégagement d'un passage libre de 0.70 m de large par 2.00 m de haut (ch.3.1.2). cette disposition réglementaire est incompatible avec la largeur libre du tunnel. Une dérogation à l'ITI sera à obtenir. La réalisation de ces cheminements induirait l'alésage complet du tunnel. ;
  - Créer ou rénover les dispositifs de sécurité pour les agents de maintenance (niche, etc.)
  - Mettre en place les équipements généraux de sécurité avec l'alimentation électrique, l'éclairage, le repérage des issues du tunnel, l'alimentation en eau d'incendie, etc.
  - Mettre en place les équipements ferroviaires avec la liaison sol-train, le système de contrôle de vitesse, etc.

Les supports caténaux seront ancrés dans la maçonnerie. Des essais d'arrachement non destructifs sur ancrage devront être effectués au démarrage des travaux.

#### 3.4.3.1.2.5 Pistes d'optimisations

Trois pistes d'optimisations possibles ont été étudiées pour réduire le programme des travaux dans le tunnel du Creusot (931m situé à l'entrée Ouest de la gare de Creusot-Ville) :

- conserver le gabarit GA actuel (au lieu de GB1) ;
- réduire le gabarit en passant au gabarit GB en conservant de la double voie ;
- conserver le gabarit GB1 initialement prévu mais en voie unique.

*Pour mémoire* : le gabarit GB1 est nécessaire pour l'autoroute ferroviaire et les conteneurs maritimes. Le gabarit GB est compatible pour les trafics Combi West et trafic en provenance de Forbach, c'est le gabarit dégagé sur la section Tours-Nevers.

Les impacts de ces nouvelles hypothèses sur le programme sont les suivants :

- conserver le gabarit GA actuel (au lieu du gabarit GB1) : permet de réduire le décaissement. Le décaissement exigé pour le gabarit GA est de l'ordre de 25 cm de décaissement au lieu de 50 cm estimé pour dégager le gabarit GB1 ;
- réduire le gabarit en passant au gabarit GB en conservant de la double voie : permet de réduire le décaissement nécessaire à environ 30 cm au lieu de 50 cm évalué initialement ;
- passer en voie unique permet d'inscrire le gabarit sous la clef de voute et permet de s'affranchir de reprise de la plateforme dans le tunnel. Les travaux nécessaires sont des travaux d'assainissement et notamment de déplacer le collecteur actuel situé en position axiale, de la dépose de voies existantes, de la pose de voie nouvelle et d'appareils de voies de part et d'autre du tunnel et des travaux de signalisation associée pour gérer cette section de VU.

Dans le cadre du passage en voie unique, les adaptations de la SIG nécessitent notamment de créer un nouveau du poste du Creusot Ville télécommandé depuis Montchanin. Cette télécommande pourrait poser des problèmes à Montchanin où actuellement 3 technologies de poste coexistent. Les aménagements du poste de Montchanin seront à approfondir en phase d'études d'AVP.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Cette hypothèse de passage en voie unique dans le tunnel du Creusot en conservant le gabarit GB1 semble pertinent si la voie terminus au Creusot est envisagée à court terme. Dans cette éventualité, les travaux de SIG pourraient être mutualisés

A noter, l'opportunité de la VU n'a été vérifiée que sur la base d'analyse de la grille d'exploitation et est possible dans les conditions actuelles de notre calage graphique.

Les analyses concernant les travaux de décaissement devront être confirmées sur la base de nouveaux sondages de la structure de la plateforme pour déterminer l'épaisseur de ballast et la nature du sol.

Les relevés MAUZIN, par ailleurs, ne font pas apparaître de déformation des voies directement imputables aux OT.

Par hypothèse, aucun travail n'est à prévoir pour les OT. Les travaux de réparations éventuels ne sont pas intégrés dans la présente étude mais seront à mesurer en phase AVP PRO.

Des provisions pour risques et imprévus sont à prévoir dans le cas où le renforcement de certains ouvrages s'avère nécessaire dans le secteur C4 et consécutivement à la modification importante du trafic (vitesse, nb essieu). Les études ultérieures AVP PRO devront s'attacher à lever ces aléas.

#### 3.4.3.1.2.6 Risques identifiés sur le tunnel du Creusot

Au-delà des risques inhérents aux travaux dans le tunnel, des provisions pour risques et imprévus sont à prévoir pour :

- le cas où le décaissement induirait la nécessité de réaliser un radier avec des longrines pour supporter la maçonnerie et bloquer le terrain ;
- La nécessité renforcer le drainage du tunnel dans le cas de fortes arrivées d'eau, inconnues à ce jour ;
- L'obtention de la dérogation à l'ITI vis-à-vis des cheminements piétons.

#### 3.4.3.1.3 Conséquences sur les petits ouvrages

La ligne comporte 365 petits ouvrages intégrés sous la plateforme ferroviaire. Il s'agit des aqueducs, ponceaux, dalot, buses implantés le long de la ligne. Leur ouverture ne dépasse pas 2.0 m

Conformément aux hypothèses retenues, hormis les travaux d'entretien et de maintenance, l'électrification n'induit pas d'investissement spécifique.

Des provisions pour risques et imprévus sont à prévoir dans le cas où le renforcement de certains ouvrages s'avère nécessaire dans le secteur de charge C4 et consécutivement à la modification importante du trafic (vitesse, nombre d'essieux).

#### 3.4.3.1.4 Conséquences sur les ouvrages en terre

Les ouvrages en terre désignent les remblais, les déblais et les parois et tranchées rocheuses. Les murs de soutènement peuvent être rangés dans cette catégorie, il arrive que ces derniers soient classés dans les ouvrages d'art, notamment lorsqu'ils présentent une hauteur importante.

Peu de données sont disponibles pour caractériser leur nature, leur état et leur capacité portante (C4→D4).

Conformément à l'IN 2542, il convient au cas par cas d'examiner l'état et les désordres affectant ces ouvrages. Le cas échéant, des études particulières de confortement fondées sur un diagnostic et une campagne de reconnaissance sont à prévoir.

Pour les secteurs pour la catégorie de charge est D4. Seuls les travaux identifiés dans les comptes rendu des inspections détaillées sont à prévoir.

Pour les secteurs C4, les comptes rendus des inspections apportent des informations sur l'état des ouvrages. 22 ouvrages en terre sont classés comme sensible dans le secteur C4.

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.4.3.2 Augmentation de la charge à l'essieu

En référence au classement UIC pour les circulations frets, la ligne est destinée à être classée D4 sur tout son linéaire. Un seul secteur est actuellement classé C4, le tronçon Nevers – Luzy du Pk 1+101 au Pk 93+879, le reste de la ligne étant déjà classée D4. Les classes de chargement sont définies dans la fiche UIC700.

L'IN2542, qui traite initialement des relèvements de vitesse, fournit une méthodologie pour conduire cette augmentation de charge à l'essieu.

Pour les secteurs D4, il est considéré que la problématique concerne essentiellement le comportement des existants vis-à-vis de la fatigue et de la réaction dynamique.

Pour les secteurs C4, la problématique comporte, en plus, la justification de la résistance des ouvrages.

Les ouvrages d'art et en terre devront à terme supporter dans les conditions de trafic futures (vitesse, nombre d'essieu par an, etc.), les charges suivantes :

- Charge à l'essieu : 22.5 t ;
- Charge par mètre courant : 8 t/ml.

La NF EN 1991-2 (EC1) et son annexe nationale, relative aux actions sur les ponts dues au trafic ferroviaire, fournissent les charges et cas de charge à prendre en compte. Les modèles de charge UIC71 et SW permettent de prendre en compte le changement de classe C4 à D4.

#### 3.4.3.2.1 Méthodologie

Les ponts-rails existants seront principalement intéressés par l'augmentation des charges à l'essieu : classe C4 à D4 et dans une autre mesure par l'augmentation du trafic.

**Dans le cadre des études préliminaires, dès lors qu'un ouvrage est classé D4 nous considérons qu'aucun travaux spécifiques liés à la fatigue et au comportement dynamique n'est à prévoir.**

Néanmoins, l'évolution du trafic (vitesse et nombre d'essieux par an) associée à l'état des ouvrages intéressera l'ensemble des ouvrages (C4 comme D4). Lors des phases ultérieures d'étude AVP PRO, une vérification ouvrage par ouvrage devra être conduite.

Concernant les PRA, toute la difficulté réside dans la connaissance de leurs caractéristiques techniques. L'objectif de la connaissance des ouvrages et donc de la collecte de donnée est de pouvoir statuer **sur le passage à la classe D4 et prévoir les dispositions relatives à la fatigue et à la dynamique** pour l'ensemble des ouvrages. Il doit être recherché 2 types de données :

- Les notes de calcul et les plans, documents reflétant leur conception ;
- Les PV des inspections détaillées périodiques. Ils apportent des éléments sur les effets du temps.

Au stade des EP, il est proposé d'inventorier les PRA par nature, par classe et par année de construction. Une analyse de leur état est également effectuée en fonction des données disponibles (PV d'inspection). A partir de cet inventaire, un certain nombre d'hypothèses seront retenus pour aboutir à programme de travaux et définir les actions à mener à partir de l'AVP.

La nature des ouvrages nous renseigne sur les méthodes de dimensionnement et sur leur mode de réalisation et fait appel à des règles de l'art spécifiques.

La classe C4 et D4 nous permet directement de séparer les ouvrages en fonction de leur charge nominale. Les ouvrages C4 sont a priori non conçus pour la classe D4 et doivent faire l'objet d'investigations, d'études et éventuellement de travaux de confortement.

L'année de construction, enfin, permet de connaître l'âge de l'ouvrage mais surtout les référentiels de dimensionnement. Par exemple, le livret 2.01 (IN0032) relatif aux règles de conception et de calcul des ouvrages en béton, en métal ou mixte a été édité en 1995. Les charges retenues dans cette IN intègrent directement une charge à l'essieu de 22.5 t (voire 25 t), ce qui correspond à la classe D4. Toujours dans cet exemple, tous les ouvrages réalisés après et conçus selon ce référentiel sont de classable D4.

#### 3.4.3.2.2 Traitement des données d'entrée de l'existant

Bien qu'incomplètes, un certain nombre de données de l'existant ont été réunies et enrichissent l'exploitation de la base FICOA, version du 31.12.2009. La liste des données d'entrée figure en annexe.

##### - Base FICOA, plans et notes de calculs

La ligne comporte **129 pont-rails** (base FICOA version du 31.12.2009) avec une majorité d'ouvrage métallique ou mixte. Le tableau ci-après donne une décomposition des PRA en fonction de leur nature et de la classe de charge à l'essieu :

| Type d'OA (PRA)                            | Nb par type |     | C4 |     | D4 |     |
|--|-------------|-----|----|-----|----|-----|
| Nb PRA en maçonnerie                       | 51          | 40% | 25 | 49% | 26 | 51% |
| Nb PRA tablier à poutrelles enrobées (TPE) | 57          | 44% | 45 | 79% | 12 | 21% |
| Nb PRA métallique                          | 17          | 13% | 11 | 65% | 6  | 35% |
| Nb PRA en béton                            | 4           | 3%  | 3  | 75% | 1  | 25% |
| total                                      | 129         |     | 84 |     | 45 |     |

Tableau 10 : synthèse des PRA par nature et par classe de charge à l'essieu

**84 PRA** (65%) sont de classe C4. Ils se situent entre le Pk 3+334 et le Pk 92+053.

L'analyse de l'année de construction montre que la ligne et ses ouvrages datent de 1850.

Il apparaît également qu'un certain nombre d'entre eux ont été reconstruits dans les années 1930. Des ouvrages métalliques ont été remplacés par des ouvrages à poutrelles enrobées.

Une dernière vague de reconstruction a enfin eu lieu après 1995.

Le tableau ci-après donne une répartition des ouvrages par nature et par époque de construction :

| Type d'OA (PRA)                      | Nb C4     | 1850 < C4 ≤ 1925 | 1925 < C4 ≤ 1950 | 1950 < C4 ≤ 1995 | C4 > 1995 |
|--------------------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-----------|
| Nb PRA en maçonnerie :               | 25        | 24               | 1                | 0                | 0         |
| Nb PRA Tablier à poutrelles enrobées | 45        | 4                | 31               | 7                | 3         |
| Nb PRA métallique :                  | 11        | 1                | 4                | 1                | 5         |
| Nb PRA en béton :                    | 3         | 0                | 0                | 1                | 2         |
| <b>total :</b>                       | <b>84</b> | <b>29</b>        | <b>36</b>        | <b>9</b>         | <b>10</b> |

Tableau 11 : synthèse des PRA par nature et par année de construction

La plage 1925 / 1950 permet de regrouper les ouvrages dans une époque restreinte et permet de constater que la majeure partie des PRA TPE ont été réalisées avant 1950, avec 70 % entre 1925 et 1950. L'analyse d'un seul d'entre eux permettra de statuer pour l'ensemble et ce d'autant plus que les portées sont très proches (cf. analyse des portées pour loin).

La majeure partie des PRA maçonnés sont d'origine et la majeure partie des PRA métalliques a été réalisée après 1995.

A partir de la base FICOA, il est possible de recenser par nature, par année de construction les 84 PRA de classe C4 en fonction de leur portée. Le tableau suivant détaille ce recensement :

| Décomposition par nature, portée et date de construction | Nb d'OA   |
|--|-----------|
| <b>PRA TPE (Tablier à Poutrelles Enrobées)</b>           | <b>44</b> |
| PRA TPE ≤ 5m   | 27        |
| PRA TPE ≤ 5m construit avant 1995                        | 27        |
| 5m < PRA TPE ≤ 20m                                       | 18        |
| après 1995   | 3         |
| entre 1950 et 1995                                       | 5         |
| avant 1950   | 10        |
| PRA TPE > 20m  | 0         |
| <b>PRA Maçonné</b>                                       | <b>25</b> |
| PRA Maçonné réalisé avant 1950                           | 25        |
| PRA maçonné ≤ 5m   | 19        |
| 5m < PRA Maçonné ≤ 20m                                   | 6         |
| PRA Maçonné > 20m  | 0         |
| <b>PRA Métallique</b>                                    | <b>12</b> |
| PRA métallique ≤ 5m                                      | 0         |
| 5m < PRA métallique ≤ 20m                                | 5         |
| après 1995   | 1         |
| avant 1995   | 5         |
| PRA métallique > 20m                                     | 6         |
| après 1995   | 4         |
| avant 1995   | 2         |
| <b>PRA Béton</b>   | <b>3</b>  |
| PRA béton ≤ 5m   | 2         |
| après 1995   | 1         |
| avant 1995   | 1         |
| compris entre 5m < PRA béton ≤ 20m                       | 0         |
| après 1995   | 0         |
| avant 1995   | 0         |
| PRA béton > 20m  | 1         |
| après 1995   | 1         |

Tableau 12 : Décomposition des PRA C4 par nature, par portée et année de construction

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Des familles d'ouvrages par nature, dimensions et année de construction se dessinent. Pour chacune une méthodologie de vérification des OA doit être élaborée sur la base des données recueillies. Elle aboutira le cas échéant à la définition d'un programme de travaux.

Il est rappelée que les justifications et vérifications devront porter sur :

- La résistance à la charge à l'essieu de 22.5 t ;
- Les résistances aux sollicitations dynamiques (résonance...) en lien avec les évolutions de trafic ;
- La résistance à la fatigue (dimensionnement + état actuel des ouvrages) en lien également avec les évolutions de trafic.

En fixant l'hypothèse que la conception d'un ouvrage est valable pour l'ensemble des ouvrages de même nature et de même époque, il est possible de définir des OA « type » pour lesquels les données de l'existant permettront de justifier toute une famille d'ouvrage.

Néanmoins tout cela devra être nuancé en considérant la portée d'une part et les variations possibles dans une époque données d'autre part. (Cela pourrait être le cas par exemple des évolutions possibles des règlements et des techniques entre 1950 et 1995 ou entre 1850 et 1925).

L'intérêt des notes de calculs de l'époque de construction réside dans la définition des charges, cas de charge et justification effectuée. Elles doivent permettre d'estimer les réserves de résistance et ainsi de conclure sur les possibilités d'augmentation de la charge à l'essieu. Elles indiquent le règlement en vigueur à l'époque.

Par ailleurs, elles peuvent faciliter les éventuels re-calculs de résistance, jugés nécessaires. Pour le cas des ponts métalliques, il doit être fait application de l'IN 1263 relative aux règles concernant la vérification de la résistance des ponts métalliques sous rails.

Les données de l'existant examinées ont permis d'obtenir une seule note de calcul exploitable. Elle concerne un tablier métallique construit dans les années 30.

Il s'agit du PRA 71+827 d'une portée de 15.3 m. Cet OA comporte 2 tabliers, dont l'un métallique a été réalisé en 1933 et l'autre à poutrelles enrobées a été réalisé en 1977.

La note de calcul fournit quelques informations utiles sur la charge à l'essieu retenue mais également sur les justifications effectuées pour le tablier métallique.

La figure ci-après présente une modélisation d'un chargement pour chacune des poutres de l'ouvrage.

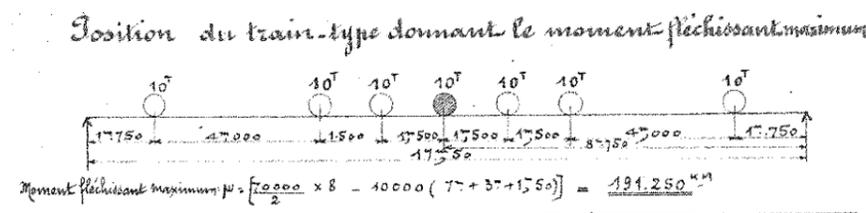


Figure 41 : Extrait de note de calcul de l'époque de construction du tablier métallique du PRA 71+827

La charge de l'essieu est ici répartie sur 2 poutres et donc divisée par 2.

Ainsi, cette information laisse supposée qu'en 1933 la charge retenue était de 20 t.

L'extrait de cette même note, ci-après, présente une vérification à la flexion des poutres porteuses.

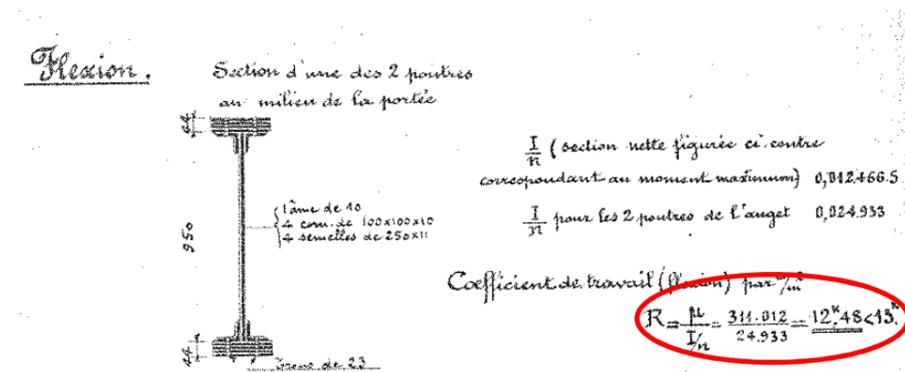


Figure 42 : Extrait des justifications de la note de calcul du tablier métallique du PRA 71+827

La vérification effectuée à l'époque montre que la section est sollicitée à 96 % ( $12.48 < 13$ ) avec une charge à l'essieu de 20 t. De plus, aucun coefficient de sécurité ne semble être considéré tant sur les charges que sur les propriétés des matériaux.

Ajouté aux effets du temps, de la fatigue et de l'évolution du matériel roulant, le passage à 22,5 t n'est envisageable que sous certaines conditions de diagnostic, d'analyse et très certainement de travaux de confortement et renforcement. En l'état actuel, cet exemple montre qu'un ouvrage réalisé dans les années 30 ne peut être directement classé D4.

En effet, pour l'ensemble des ouvrages réalisés dans cette période, il peut être supposé que les mêmes charges et méthodes de justification ont été utilisées.

Ainsi, par hypothèse, les ouvrages réalisés ou reconstruits avant 1950 devront faire l'objet d'une étude spécifique ; la limite de 1950 est destinée à prendre une marge de sécurité et donc englober plus d'OA.

A partir des données réunies et de la certitude qu'après 1995 les règlements prévoyaient des charges à l'essieu de 22.5 t, un bilan des plans et notes de calcul disponibles est effectué pour chaque cas de figure. Il contient aussi une proposition de méthodologie. Le tableau suivant présente ce bilan :

| Cas de figure         | nb | Données disponibles   | Commentaires   |
|-----------------------|----|---|--|
| <b>PRA maçonné</b>    |    |   |  |
| 1850 < C4 ≤ 1925      | 24 | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| 1925 < C4 ≤ 1950      | 1  | Aucune donnée   |  |
| 1950 < C4 ≤ 1995      | 0  |   |  |
| C4 > 1995             | 0  |   |  |
| <b>PRA TPE</b>        |    |   |  |
| 1850 < C4 ≤ 1925      | 4  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| 1925 < C4 ≤ 1950      | 31 | Plans seulement<br>Pk3+334 (l = 2.3m), Pk16+671 (l = 2.5m)  | Calcul de la résistance possible à partir des plans  |
| 1950 < C4 ≤ 1995      | 7  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| C4 > 1995             | 3  | Plans et notes de calcul :<br>Pk73+718 V1 (l=17.3m), Pk78+489 (l=17.3m)   | Permet de valider la classe D4 et d'effectuer les justifications à la fatigue et à la dynamique                    |
| <b>PRA Métallique</b> |    |   |  |
| 1850 < C4 ≤ 1925      | 1  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| 1925 < C4 ≤ 1950      | 4  | Plans seulement<br>Pk71+300 (l=17.2m)<br><br>Plans et notes de calcul :<br>Pk71+827 V1 (l=17.3m)                | Calcul de la résistance possible à partir des plans<br><br>Evaluation de la classe possible                        |
| 1950 < C4 ≤ 1995      | 1  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| C4 > 1995             | 5  | Plans et notes de calcul :<br>Pk39+471 (l=23.3m), Pk62+101 V1 (l=21.5m), Pk76+183 (l=19.3m), Pk77+961 (l=21.6m) | Permet de valider la classe D4 et d'effectuer les justifications à la fatigue et à la dynamique                    |
| <b>PRA béton</b>      |    |   |  |
| 1850 < C4 ≤ 1925      | 0  |   |  |
| 1925 < C4 ≤ 1950      | 0  |   |  |
| 1950 < C4 ≤ 1995      | 1  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |
| C4 > 1995             | 2  | Aucune donnée   | Elaborer une méthodologie de justification du passage à la classe D4 et vis-à-vis de la fatigue et de la dynamique |

Tableau 13 : Bilan des données d'entrée par nature et par année

#### Cas particuliers :

Le PRA le plus long dans la classe C4 s'étend sur 78 m. Il s'agit du pont sur l'Aron au Pk39+843.

Il a été construit entre 1880 et 1890, reconstruit une première fois en 1932 et une dernière fois reconstruit en 1965. Des extraits de notes de calcul pour 1880 et 1932 ont été réunis. Pour sa dernière reconstruction (1965), aucune donnée n'a été communiquée. Le PV d'inspection détaillée n'a pas été fourni.

Seul un plan général et informatique (DAO) a été diffusé.

Il n'est pas possible de statuer en l'état. Il devra faire l'objet d'une étude spécifique.

Par ailleurs, les PV des inspections détaillées montrent que le tablier de la voie 2 du PRA78+489 a été remplacé en 2012 alors que la base FICOA fait seulement mention de son année de construction. La base FICOA, version 2009 a été mise à jour en conséquence.

#### - Les PV des inspections détaillées

Pour ce qui concerne l'état des ouvrages, les PV des inspections périodiques ont été rassemblées, partiellement et pour les ouvrages délimités entre le Pk 3+334 et le Pk89+053 (OA C4).

Les PV nous informent de l'état globalement satisfaisant de l'ensemble des ouvrages classés C4. Quelques OA sont néanmoins classés « moyen » ou « en assez bon état ». Les pathologies sont celles régulièrement constatées sur ce type ligne : fissures, déjoints et désorganisation d'ouvrages maçonnés (PRA maçonnés, murs en « L », perrés, etc.), garde-corps oxydés ou non conformes en hauteur, etc.

Aucun PV ne remet en cause la stabilité des ouvrages, ni son éventuelle aptitude à supporter une charge à l'essieu de 22.5 t.

Les travaux préconisés dans les PV relèvent d'un entretien plus ou moins lourds et de la maintenance des OA.

Pour les ouvrages D4, aucune donnée n'a été publiée.

#### - Divers

Les données API PROG, OGE et renouvellement, ne font pas apparaître de projet de travaux sur les PRA classés C4 (entre le Pk3+334 et 92+053).

#### 3.4.3.2.3 Programme de travaux sur les PRA

En définitive, au niveau des études préliminaires le choix est fait pour assurer le passage à la classe D4 de prévoir des travaux systématiques de remplacement de tablier ou de renforcement d'OA pour les ouvrages réalisés avant 1995.

Pour les ouvrages construits avant 1950, les travaux seront plus lourds qu'entre 1950 et 1995.

Quel que soit l'ouvrage, sa nature et son année de construction, le comportement dynamique et à la résistance à la fatigue devront être caractérisés en lien avec les évolutions de vitesse et du nombre d'essieu par an, donc sur toute la ligne.

Le tableau ci-contre expose pour chaque cas de figure les choix effectués et la stratégie adoptée.

| Décomposition par nature, portée et date de construction | Nb        | Conclusions / préconisations   |
|--|-----------|--|
| <b>PRA TPE (Tablier à Poutrelles Enrobées)</b>           | <b>45</b> |  |
| PRA TPE ≤ 5m   | 27        |  |
| < 1950   | 25        | OA non D4 / Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées  |
| 1950 ≤ année < 1995                                      | 2         | Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées              |
| ≥ 1995   | 0         | -  |
| 5m < PRA TPE ≤ 20m                                       | 18        |  |
| < 1950   | 9         | OA non D4 / Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées  |
| 1950 ≤ année < 1995                                      | 6         | Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : confortement à prévoir   |
| ≥ 1995   | 3         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| PRA TPE > 20m  | 0         | -  |
| <b>PRA Maçonné</b>                                       | <b>25</b> |  |
| PRA Maçonné réalisé avant 1950                           | 25        | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| PRA maçonné ≤ 5m   | 19        | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| 5m < PRA Maçonné ≤ 20m                                   | 6         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| PRA Maçonné > 20m  | 0         | -  |
| <b>PRA Métallique</b>                                    | <b>11</b> |  |
| PRA métallique ≤ 5m                                      | 0         | -  |
| 5m < PRA métallique ≤ 20m                                | 5         |  |
| < 1950   | 4         | OA non D4 / Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées  |
| 1950 ≤ année < 1995                                      | 0         | -  |
| ≥ 1995   | 1         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| PRA métallique > 20m                                     | 6         |  |
| < 1950   | 1         | OA non D4 / Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées  |
| 1950 ≤ année < 1995                                      | 1         | Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : confortement à prévoir   |
| ≥ 1995   | 4         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| <b>PRA Béton</b>   | <b>3</b>  |  |
| PRA béton ≤ 5m   | 2         |  |
| < 1950   | 1         | OA non D4 / Justification sur un OA type (calcul théorique) / hyp. au niveau EP : remplacement tablier dans l'emprise des voies / renforcement des culées  |
| ≥ 1995   | 1         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |
| 5m < PRA béton ≤ 20m                                     | 0         | -  |
| PRA béton > 20m  | 1         | -  |
| ≥ 1995   | 1         | OA pouvant être classé D4 / pas de travaux / vérification à la fatigue et à la dynamique en fonction du nombre d'essieu par an et du relèvement de vitesse |

Tableau 14 : Synthèse des préconisations de justification et de travaux par nature d'OA, âge et portée

D'une manière générale le remplacement du tablier avec ou sans renforcement des culées est préconisé pour les ouvrages construits avant 1950. Ce choix est d'autant plus justifié vis-à-vis de l'évolution du trafic.

Pour les PRA TPE de moins de 5 m, cette préconisation de remplacement des tabliers est étendue à ceux construits entre 1950 et 1995. Il n'y en a que 2.

**35 PRA** peuvent être classés D4 sous réserve de réaliser les justifications jusqu'au bout (diagnostic, analyse) et **44 PRA** nécessiteraient des travaux.

A partir des études d'AVP, la connaissance des OA et la définition plus précise des travaux pourront s'appuyer sur le processus suivant :

- Réalisation d'un diagnostic orienté selon l'objectif de relèvement de la charge à l'essieu et d'évolution du trafic. Ce diagnostic devra identifier les réserves de capacité portante sous charge statique et dynamique, ainsi que les réserves de capacité à la fatigue. A contrario, ce diagnostic devra identifier les zones de faiblesse et l'absence de réserve. Ce diagnostic est plus ou moins sophistiqué en fonction de l'état actuel de l'ouvrage mais surtout de sa portée ;
- Réalisation d'une analyse structurelle, à dire d'expert ou par calcul sachant que le re-calcul d'ouvrage bientôt centenaire peut s'avérer inadapté dans certains cas. Cette analyse doit être initiée dès les études d'AVP et aboutir à consolidation du programme de confortement et de renforcement. Là encore, l'ampleur et son état actuel de l'ouvrage orientera l'analyse structurelle ;
- Définition d'un programme de travaux de confortement accompagnés ou non de travaux de renforcement. Dans le premier cas, les travaux visent à donner à l'ouvrage une nouvelle durée de vie ; cette durée de vie ne correspond pas nécessairement à celle prescrit par les Eurocodes. A minima, ils devront s'attacher à stopper les dégradations. Ensuite, dans le cas où un renforcement est nécessaire les travaux consisteront à augmenter la capacité portante de l'ouvrage, à améliorer son comportement dynamique ou sa résistance à la fatigue.

Le chapitre suivant apporte une description des travaux pouvant être effectués et retenus dans le cadre des études préliminaires.

#### 3.4.3.2.4 Description des travaux sur les PRA

Les travaux sur les OA pourront consister soit à remplacer les tabliers et renforcer les culées, soit conforter et renforcer les structures.

#### Les travaux seront conduits sous fermeture complète de la ligne et de jour.

La durée habituellement nécessaire pour la reprise d'un PRA est de 2 x 2 jours d'interruption (solution avec mise en place d'un tablier provisoire).

Les travaux de remplacement de tablier comprendront :

- La dépose des voies et le déblaiement de la plateforme ferroviaire, sur les 2 voies ;
- La dépose ou la démolition du tablier existant. En l'occurrence, selon le PRA il s'agira d'un tablier métallique, béton armé ou d'un tablier à poutrelles enrobées ;
- La réfection des sommiers et le renforcement structurel des culées et éventuellement de leur fondation. Une campagne de reconnaissance apportera les entrants nécessaires à l'estimation des besoins. De plus, le choix d'un type de tablier pourra générer des adaptations altimétriques.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

- La réalisation des appuis ;
- La création d'un nouveau tablier. Quelle que soit la portée, le recours à des tabliers à poutrelles enrobées sera recherché. Ce type de tablier s'avère en termes d'exécution bien adapté pour des portées allant jusqu'à 25 m. (Cf. IN1235 et IN 1238). Elle permet également de s'affranchir de coffrage. L'emploi de tablier mixte ou métallique pourra être envisagé en fonction des conditions de réalisation, des portées et de la hauteur disponible sous les rails.

Les travaux confortatifs et de renforcement visant le passage à la classe D4, la maîtrise de la fatigue et du comportement dynamique pourront comprendre :

- Le remplacement ou la modification des systèmes d'appuis : remplacement de l'existant, appui fretté, etc.;
- Le renforcement localisé de certaines pièces métalliques : mise en œuvre de pièce métallique supplémentaire, doublement de profilé métallique, etc. ;
- La modification de la réponse dynamique : raidissement de la structure, modification de son poids propre (allègement de préférence), modification des portées (raccourcissement), etc.

Ces travaux sont plus ou moins lourds en fonction de la nature de l'ouvrage, des conditions d'accès, du mode d'exploitation et de l'obstacle franchi (cours d'eau, voie ferrée, route, etc.).

**NOTA** : les travaux courants de maintenance, réparation et d'entretien, ne sont pas intégrés dans le programme de modernisation.

#### 3.4.3.2.5 Risques identifiés sur les PRA

Au-delà des risques inhérents aux PRA, des provisions pour risques et imprévus sont à prévoir pour :

- Les conditions d'accès au chantier qui pourraient nécessiter des moyens importants ;
- La nécessité de prévoir un renforcement conséquent des culées et des murs de soutènement, voire leur reconstruction ;
- pour l'éventuelle nécessité de prévoir des reprises sur les PRA déjà classés D4 ;
- un éventuel recalage du profil en long notamment dans le cadre d'un changement de type de structure (Les TPE utilisent des hauteurs plus importantes) et du changement de groupe UIC.

### 3.5 Voie ferrée

#### 3.5.1 Fonctionnalités :

Pour améliorer l'offre des trains de fret sur l'axe Est/Ouest, l'adaptation de la ligne 760 000 à la charge D4 (22.5t par essieu) est nécessaire. Tout l'axe est à la charge D4 sauf le tronçon Luzy-Nevers (~72 km). Cette adaptation est accompagnée d'une mise au gabarit GB1 permettant le passage des trains spéciaux chargés de conteneurs.

#### 3.5.2 Hypothèses :

Le passage de la classe C4 (20 t par essieu) à la classe D4 (22.5 t par essieu) ne concerne que le tronçon Nevers (Pk 1+101)-Luzy (73+261).

#### 3.5.3 Analyse technique

##### 3.5.3.1 Voie existante

Bien que la vitesse de la ligne ne soit pas modifiée, nous proposons d'utiliser les référentiels :

- **IN 2541 - Relèvement de la vitesse limite des circulations et cas assimilés.** Etablissement de la compatibilité de l'infra
- et **IN 2542 - Relèvement de la vitesse limite des circulations - Dispositions techniques à respecter (Version1 du 09-07-2007).**

Ces référentiels donnent aux études à réaliser un cadre général et permettront une analyse plus rapide par les services de la SNCF.

L'utilisation du référentiel **IN 2541** définit une structure de dossier et permet une exhaustivité des sujets traités.

##### 3.5.3.1.1 Hypothèse de l'étude :

Pour l'ensemble de son analyse, nous considérons une usure rail uniforme à ½ usure pour les tolérances d'entretien.

##### 3.5.3.1.2 Armement

L'armement minimum à respecter pour la circulation de train classe 4 est défini à l'annexe 1 de l'IN2542 en fonction de la vitesse d'exploitation envisagée :

| Type de Rail Vignole | Type de pose     | Type de traverses          | Espace maxi entre axes de traverses (m) | (I/V)/L mini du rail à ½ usure (mm <sup>2</sup> ) | Vitesse maxi (km/h) | Insuffisance de dévers maximale (mm) |        |
|----------------------|------------------|----------------------------|---|---|---------------------|--------------------------------------|--------|
|                      |                  |                            |   |   |                     | Normale                              | except |
| ≥ 50kg /m            | LRS ou BN ≥ 18 m | TBA ou TB y compris mixité | 0.60                                    | 373   | 120                 | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.62                                    | 361   | 120                 | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.64                                    | 350   | 110                 | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 336   | 90 <sup>(1)</sup>   | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 350   | 100                 | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 322   | 90                  | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 301   | 80                  | 110                                  | 130    |
| ≥ 46kg /m            | LRS ou BN ≥ 18 m | TBA ou TB y compris mixité | 0.60                                    | 301   | 80 <sup>(2)</sup>   | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.62                                    | 292   | 80 <sup>(3)</sup>   | 110                                  | 120    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 322   | 90                  | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 301   | 80                  | 110                                  | 130    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 288   | 80 <sup>(3)</sup>   | 110                                  | 120    |
|                      |                  |                            | 0.67                                    | 271   | 70                  | 110                                  | 120    |

**Tableau 15 : Extrait de l'annexe 1 (armement de la voie) de l'IN 2542**

Sans modification de la vitesse d'exploitation actuelle, la vitesse de la ligne varie de 60 km/h à 145 km/h.

L'armement de référence de la ligne est :

- Traverses en Béton Armé (TBA) avec un travelage de 1666 traverses / km en Longs Rails Soudés (LRS) ;
- Rail U50 ½ usure.

Cet armement permet une circulation des trains FRET (catégorie I) à une vitesse de 120 km/h (cf. Annexe 1 IN 2542).

Les zones présentant un armement inférieur devront faire l'objet de travaux pour répondre aux exigences ci-dessus :

| Convois FRET en charge D (22,5 T/essieu) sur rail Vignole                 |              |                      |        |        |        |        |                      |                       |           |     |        |     |        |     |        |     |  |                               |  |                                    |                                |    |
|---|--------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------|-----------------------|-----------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--|-------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|----|
| Rail  |              |                      |        |        |        |        |                      |                       | Travelage |     |        |     |        |     |        |     | Iv/L minimum rail à 1/2 usure (mm <sup>2</sup> ) | Masse initiale du rail (kg/m) | Distance maximale entre les axes des traverses (m) | Conditions complémentaires Tonnage | Vitesse maximale admise (km/h) |    |
| Type  | Usure (mm)   | S (mm <sup>2</sup> ) | P (kg) | v (mm) | c (mm) | a (mm) | I (cm <sup>4</sup> ) | Iv (cm <sup>3</sup> ) | 1667      |     | 1724   |     | 1538   |     | 1493   |     |  |                               |  |                                    |                                |    |
| ● LRS<br>○ Barre Normale Joint Concordant<br>○ Barre Normale Joint Décalé |              |                      |        |        |        |        |                      |                       | 36 m      |     |        |     |        |     |        |     |  |                               |  |                                    |                                |    |
|   |              |                      |        |        |        |        |                      |                       | 0.60 m    |     | 0.58 m |     | 0.65 m |     | 0.67 m |     |  |                               |  |                                    |                                |    |
| Autre   | neuf         | 0 mm                 |        |        |        |        |                      |                       | 0         | 1   | 0      | 1   | 0      | 1   | 0      | 1   |  | 250                           | 40   | 0.72 (mini 1450 t/km)              | Tm ≤ 120.000 T                 | 60 |
|   | usé          | 0 mm                 | 0.0    | 0.0    | 0.00   | 0.00   | 0.00                 | 0.0                   |           |     |        |     |        |     |        |     | 220  | 0.75                          |  |                                    | 50                             |    |
| Rails unifiés   | UIC 60 neuf  | 0 mm                 | 7670.0 | 60.2   | 91.05  | 72.00  | 16.50                | 3038.3                | 333.6     | 556 | 5      | 575 | 5      | 513 | 5      | 498 | 5  | 180                           | 34   | 0.80 maxi souhaitable              | TmCD ≤ 20.000 T                | 40 |
|   | UIC 60 usé   | 0 mm                 | 7670.0 | 60.2   | 91.05  | 72.00  | 16.50                | 3038.3                | 333.7     | 556 | 5      | 575 | 5      | 513 | 5      | 498 | 5  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | U50/U36 neuf | 0 mm                 | 6484.0 | 50.9   | 81.26  | 65.00  | 15.50                | 2017.8                | 248.3     | 414 | 5      | 428 | 5      | 382 | 5      | 371 | 5  | 160                           | 30   |                                    | TmCD ≤ 20.000 T                | 30 |
|   | U50/U36 usé  | 8 mm                 | 5964.0 | 46.8   | 77.26  | 65.00  | 15.50                | 1738.4                | 225.0     | 375 | 5      | 388 | 5      | 346 | 4 haut | 336 | 4 haut   |                               |  |                                    |                                |    |
|   | U39 neuf     | 0 mm                 | 7140.0 | 55.7   | 84.26  | 62.00  | 19.00                | 2170.3                | 258.0     | 430 | 5      | 445 | 5      | 397 | 5      | 385 | 5  | 140                           |  | TmCD ≤ 5.000 T                     |                                |    |
|   | U39 usé      | 0 mm                 | 7140.0 | 55.7   | 84.26  | 62.00  | 19.00                | 2170.3                | 257.6     | 429 | 5      | 444 | 5      | 396 | 5      | 384 | 5  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | U33 neuf     | 0 mm                 | 5894.0 | 46.3   | 77.14  | 62.00  | 15.00                | 1642.7                | 213.0     | 355 | 5      | 367 | 5      | 328 | 4 haut | 318 | 4 haut   |                               |  |                                    |                                |    |
|   | U 33 usé     | 8 mm                 | 5398.0 | 42.4   | 73.14  | 62.00  | 15.00                | 1405.3                | 192.1     | 320 | 4 haut | 331 | 4 haut | 296 | 4 bas  | 287 | 4 bas  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | UIC 54 neuf  | 0 mm                 | 6977.0 | 54.8   | 83.87  | 70.00  | 16.00                | 2337.9                | 278.7     | 465 | 5      | 481 | 5      | 429 | 5      | 416 | 5  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | UIC 54 usé   | 0 mm                 | 6977.0 | 54.8   | 83.87  | 70.00  | 16.00                | 2337.9                | 278.8     | 465 | 5      | 481 | 5      | 429 | 5      | 416 | 5  |                               |  |                                    |                                |    |
| Rails régionaux   | PLM 48 neuf  | 0 mm                 | 6160.0 | 48.4   | 71.03  | 66.00  | 16.00                | 1585.0                | 223.2     | 372 | 5      | 385 | 5      | 343 | 4 haut | 333 | 4 haut   |                               |  |                                    |                                |    |
|   | PLM 48 usé   | 0 mm                 | 6160.0 | 48.4   | 71.03  | 66.00  | 16.00                | 1585.0                | 223.1     | 372 | 5      | 385 | 5      | 343 | 4 haut | 333 | 4 haut   |                               |  |                                    |                                |    |
|   | PLM 38 neuf  | 0 mm                 | 4997.0 | 39.0   | 69.45  | 60.00  | 14.00                | 1140.8                | 164.0     | 273 | 4 bas  | 283 | 4 bas  | 252 | 4 bas  | 245 | 4 bas  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | PLM 38 usé   | 0 mm                 | 4997.0 | 39.0   | 69.45  | 60.00  | 14.00                | 1140.8                | 164.3     | 274 | 4 bas  | 283 | 4 bas  | 253 | 4 bas  | 245 | 4 bas  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | PLM 34 neuf  | 0 mm                 | 4372.0 | 34.3   | 69.45  | 60.00  | 14.00                | 949.7                 | 145.0     | 242 | 4 bas  | 250 | 4 bas  | 223 | 3      | 216 | 3  |                               |  |                                    |                                |    |
|   | PLM 34 usé   | 0 mm                 | 4372.0 | 34.3   | 69.45  | 60.00  | 14.00                | 949.7                 | 136.7     | 228 | 3      | 236 | 4 bas  | 210 | 3      | 204 | 3  |                               |  |                                    |                                |    |
| <b>Valeur de l' Iv/L (mm<sup>3</sup>) et groupe Demaux associé</b>        |              |                      |        |        |        |        |                      |                       |           |     |        |     |        |     |        |     |  |                               |  |                                    |                                |    |

Tm: Tonnage moyen mensuel

TmCD: Tonnage moyen mensuel des wagons en charges C et D

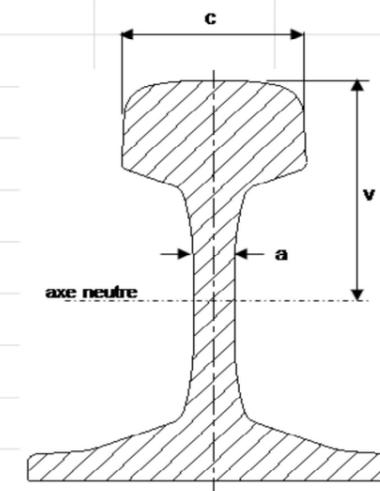


Tableau 16: caractéristiques techniques de l'armement spécifique à la charge D4

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.5.3.1.3 Travaux relatifs à la charge D4

Ainsi pour les zones ne respectant pas ces spécifications, nous préconisons les travaux suivants :

- Renouvellement des traverses, des rails, et un relevage de 150 mm (RR/RT/Rel) : Ces travaux moins onéreux qu'un Renouvellement de la voie et du ballast (RVB) classique seront réalisés sur toutes les zones nécessitant le remplacement d'un constituant de la voie suite au passage à la charge D4;
- Renouvellement de la voie et du ballast (RVB) au lieu de RR/RT/Rel au droit de 40 PN, des appareils de voie, des quais et sous 14 ouvrages d'art supérieurs pour ne pas impacter le niveau de ces ouvrages et conserver le gabarit GB1.

| Voie  | PKD    | PKF    | Longueur zone | RVB           | RB/RT        | RT/RR/Rel    |
|---|--------|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| <b>Travaux voie courante</b>                                    |        |        |               |               |              |              |
| 1   | 1.101  | 3.190  | 2.089         |               |              | X            |
| 1   | 51.854 | 66.299 | 14.445        |               |              | X            |
| 1   | 66.299 | 73.261 | 6.962         |               |              | X            |
| 2   | 42.198 | 52.494 | 10.296        |               |              | X            |
| <b>Travaux au droit des Adv 16 zones</b>                        |        |        |               |               |              |              |
| 1   |        |        | 2.000         | X             |              |              |
| 2   |        |        | 0.500         | X             |              |              |
| <b>Travaux au droit des quais (100ml+200ml+100ml) x 2 voies</b> |        |        |               |               |              |              |
| 1   |        |        | 2.200         | X             |              |              |
| 2   |        |        | 2.200         | X             |              |              |
| <b>40 PN (100ml + 20ml + 100ml) x 2 voies</b>                   |        |        |               |               |              |              |
| 1   |        |        | 8.800         | X             |              |              |
| 2   |        |        | 8.800         | x             |              |              |
| <b>14 OA (100ml+7.5ml+100ml)</b>                                |        |        |               |               |              |              |
| 1   |        |        | 1.453         | X             |              |              |
| 2   |        |        | 1.453         | X             |              |              |
| <b>Totaux</b>   |        |        |               | <b>24.500</b> | <b>0.000</b> | <b>6.387</b> |
| <b>Gopeq</b>  |        |        |               | 1.00          | 0.80         | 0.85         |
| <b>Nb Gopeq</b>   |        |        |               | 24.500        | 0.000        | 5.429        |

Tableau 17 : Synthèse des travaux et des zones de travaux pour la charge D4

### - Travaux relatifs à la mise au gabarit GB 1

Le décaissement du tunnel du Creusot pour dégager le gabarit GB 1 doit être accompagné de travaux de RVB pour rattraper l'ancien niveau de la ligne de part et d'autre le tunnel et ce sur une longueur de 150 ml.

| Voie                         | PKD     | PKF     | Longueur zone | RVB           |
|------------------------------|---------|---------|---------------|---------------|
| <b>Travaux voie courante</b> |         |         |               |               |
| 1                            | 123.950 | 124.100 | 0.150         | x             |
| 1                            | 124.100 | 125.031 | 0.931         | x             |
| 1                            | 125.031 | 125.181 | 0.150         | x             |
| 2                            | 123.950 | 124.100 | 0.150         | x             |
| 2                            | 124.100 | 125.031 | 0.931         | x             |
| 2                            | 125.031 | 125.181 | 0.150         | x             |
| <b>Totaux</b>                |         |         |               | <b>34.262</b> |
| <b>Gopeq</b>                 |         |         |               | 1.00          |
| <b>Nb Gopeq</b>              |         |         |               | 34.262        |

Tableau 18 : Synthèse des principaux travaux de voie relatifs à la mise au gabarit GB1

| Voie  | PKD     | PKF     | Longueur zone | RVB           | RB/RT        | RT/RR/Rel    |
|---|---------|---------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| <b>Travaux voie courante</b>                                    |         |         |               |               |              |              |
| 1   | 1.101   | 3.190   | 2.089         |               |              | X            |
| 1   | 3.190   | 51.854  | 48.664        |               |              |              |
| 1   | 51.854  | 66.299  | 14.445        |               |              | X            |
| 1   | 66.299  | 73.261  | 6.962         |               |              | X            |
| 1   | 73.261  | 82.373  | 9.112         |               |              |              |
| 1   | 82.373  | 105.309 | 22.936        |               |              |              |
| 1   | 82.373  | 123.950 | 41.577        |               |              |              |
| 1   | 123.950 | 124.100 | 0.150         | X             |              |              |
| 1   | 124.100 | 125.031 | 0.931         | X             |              |              |
| 1   | 125.031 | 125.181 | 0.150         | X             |              |              |
| 1   | 125.181 | 136.899 | 11.718        |               |              |              |
| 1   | 136.899 | 162.100 | 25.201        |               |              |              |
| 2   | 1.101   | 42.198  | 41.097        |               |              |              |
| 2   | 42.198  | 52.494  | 10.296        |               |              | X            |
| 2   | 52.494  | 82.373  | 29.879        |               |              |              |
| 2   | 82.373  | 94.000  | 11.627        |               |              |              |
| 2   | 82.373  | 123.950 | 41.577        |               |              |              |
| 2   | 123.950 | 124.100 | 0.150         | X             |              |              |
| 2   | 124.100 | 125.031 | 0.931         | X             |              |              |
| 2   | 125.031 | 125.181 | 0.150         | X             |              |              |
| 2   | 125.181 | 125.777 | 0.596         |               |              |              |
| 2   | 125.777 | 137.458 | 11.681        |               |              |              |
| 2   | 137.458 | 162.042 | 24.584        |               |              |              |
| <b>Travaux au droit des Adv 16 zones</b>                        |         |         |               |               |              |              |
| 1   |         |         | 2.000         | X             |              |              |
| 2   |         |         | 0.500         | X             |              |              |
| <b>Travaux au droit des quais (100ml+200ml+100ml) x 2 voies</b> |         |         |               |               |              |              |
| 1   |         |         | 2.200         | X             |              |              |
| 2   |         |         | 2.200         | X             |              |              |
| <b>40 PN (100ml + 20ml + 100ml) x 2 voies</b>                   |         |         |               |               |              |              |
| 1   |         |         | 8.800         | X             |              |              |
| 2   |         |         | 8.800         | x             |              |              |
| <b>14 OA (100ml+7.5ml+100ml)</b>                                |         |         |               |               |              |              |
| 1   |         |         | 1.453         | X             |              |              |
| 2   |         |         | 1.453         | X             |              |              |
| <b>Totaux</b>   |         |         |               | <b>26.962</b> | <b>0.000</b> | <b>6.387</b> |
| <b>Gopeq</b>  |         |         |               | <b>1.00</b>   | <b>0.80</b>  | <b>0.85</b>  |
| <b>Nb Gopeq</b>   |         |         |               | <b>26.962</b> | <b>0.000</b> | <b>5.429</b> |

Tableau 19 : Synthèse des travaux de voie (GB1+D4) par Pk

### 3.5.3.1.4 Travaux complémentaires

Outre ces travaux, nous préconisons les opérations suivantes pour pérenniser les constituants de la ligne et augmenter, ainsi, sa durée de vie :

- Même si les relevés MAUZIN montrent un état sain de la ligne, nous recommandons un relevage de 150 mm minimum sur l'ensemble du linéaire. Ce relevage permettra d'améliorer la géométrie de la voie et d'assainir la plateforme. Quelques zones ponctuelles présentant une pollution significative du ballast, pourront être traitées par des moyens plus lourds en renouvellement complet du ballast en fonction des informations transmises par le GID.

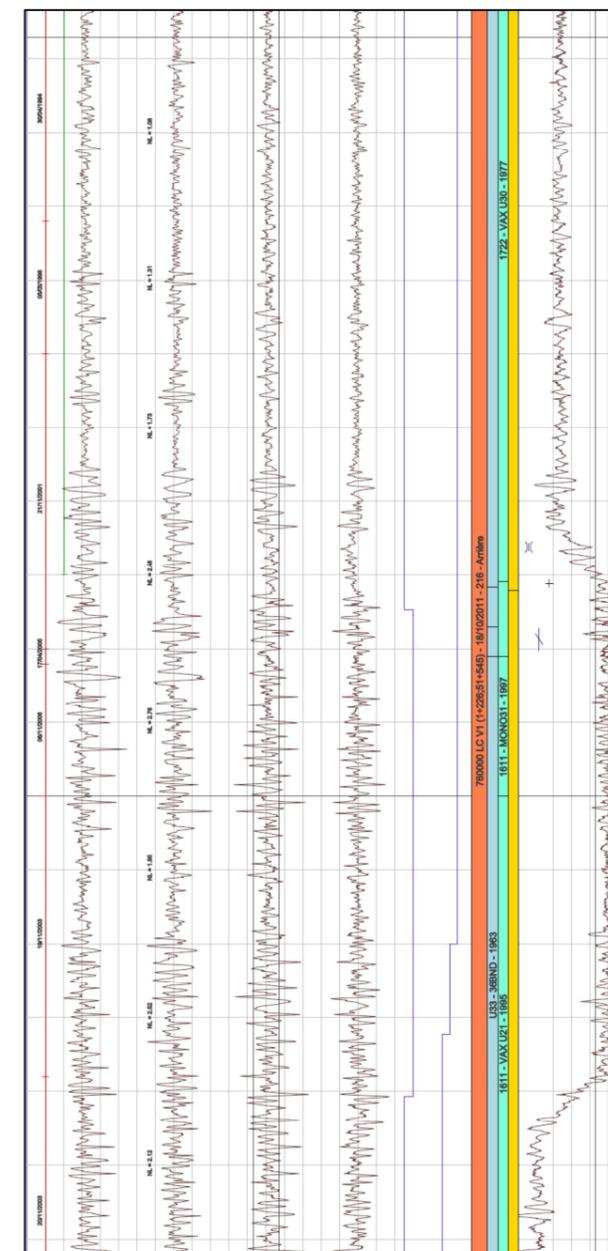


Figure 43 : Extrait du relevé MAUZIN analysé de la ligne (Source RFF)

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

A noter que les opérations de relevages seront accompagnées de travaux au droit des PN, appareils de voies et quais de gare. Ces travaux présentent des contraintes en termes :

- d'organisation travaux :
  - rupture du processus de travaux de la voie courante ;
  - moyens spécifiques.
- d'interfaces :
  - Fermeture des passages à niveau à la circulation routière ;
  - Modification temporaire de l'exploitation de la ligne.
- Remplacement des traverses type VAX U20 et U21 (Classe 2) par des traverses B440 (Classe 3) plus adaptées au trafic fret.
- Le projet prévoit le classement de la ligne en groupe UIC 3. Le classement actuel est en groupe UIC 7 av.

#### 3.5.3.1.5 Compléments d'études à réaliser

La MOE préconise:

- la réalisation d'une campagne de sondages sur l'ensemble de la ligne afin de vérifier si les caractéristiques de la structure d'assise actuelle sont aptes à supporter le nouveau trafic ;
- Vérification des constituants pour affiner la nature des travaux à réaliser :
  - Ballast : pollution, attrition, épaisseur (sondages) ;
  - Traverses : épaufrures, entretoises cassées, systèmes d'attaches HS... (tournée, prospection...);
  - Attaches : élasticité, corrosion, ... (tournée, prospection...);
  - Rails : usure, état visuel, chanfreinage, ... (tournée, prospection...).

### 3.6 Signalisation

#### 3.6.1 Fonctionnalités

La reprise de la signalisation suite à l'électrification de la ligne.

#### 3.6.2 Hypothèses

- Electrification de la ligne en 25 kV ;
- Déploiement de la technologie GSM-R ;
- CCR, pas avant 2030 à minima.

#### 3.6.3 Analyse technique

Les travaux nécessaires à l'électrification de la ligne sont les suivants :

- Mise à la terre des installations et protection :
  - Tirage d'un câble de terre enterré ;
  - Connexion des prises de terre actuelles à ce câble ;
  - Mise en conformité de l'installation : connexion de l'ensemble des éléments métalliques à la terre ;
  - Protection des circuits télécom et de signalisation contre les perturbations électromagnétiques.
- Installation du circuit de retour du courant de traction :
  - Création de liaisons transversales intégrales ;
  - Connexion au point de retour des sous-stations ;
  - Modification des circuits de voie (CdV) : Suppression des anciens CdV non compatibles avec l'électrification si nécessaire, modification du montage des CdV pour intégrer les contraintes de l'électrification.
- Mise en place de la signalisation de traction électrique :
  - panneau « Couper courant » aux sections neutres ;
  - panneau « Baisser pantographe » sur les sections de séparation ;
  - Création de carré « secteur » en amont des sections élémentaires ;
  - Création des zones de protections caténaire SEL (sections élémentaires) ;
  - Reprise des postes en fonction des nouveaux équipements ;
- Mise en place du contrôle de vitesse par balises (KVB) sur l'ensemble de la ligne.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.7 Passages à niveau

Quelques actions mineures sont à entreprendre pour sécuriser les passages à niveau de la ligne, déjà tous classés en priorité de suppression 3. Les éléments sommaires de programme sont synthétisés ci-dessous :

- un PN est jugé comme préoccupant, car franchi par des convois exceptionnels : le PN66 de Mesvres. Une étude de suppression doit être menée prochainement. Dans l'attente, une LTV de 30 km/h est appliquée au franchissement ; cas identifié
- une liste réduite de PN fait l'objet d'une augmentation de moment. Pour la plupart, les risques sont mesurés, aucune action spécifique n'est requise. Le PN6 est celui qui présente le plus fort « moment », et qui pourra s'avérer sensible en cas de forte augmentation du trafic ferroviaire
- un PN est positionné au cœur du raccordement technique existant de la gare du Creusot TGV. En cas de réutilisation de la voie pour raccordement de la nouvelle gare TER au réseau ferré national, il faudra envisager la suppression totale du PN1 pour mise en conformité avec les référentiels et directives nationales.

### 3.8 Déploiement du GSM-R

#### 3.8.1 Fonctionnalités

La mise en place d'une infrastructure radio GSM-R est nécessaire pour supporter les communications vocales liées à l'exploitation et à la maintenance de la ligne.

#### 3.8.2 Hypothèses

Les données d'entrée sont que :

- La ligne Nevers-Chagny ne sera pas équipée d'un système de signalisation ERTMS niveau 2 ;
- La ligne Nevers-Chagny sera électrifiée ;
- La ligne Chagny-Nevers est déjà équipée de la technologie GSM GFU ;
- La sortie de la gare de Nevers est équipée du GSM-R (PK0 à PK3,3) ;
- La gare de Chagny est équipée du GSM-R (PK160,8 à PK162,4).

Les hypothèses faites sont donc que :

- 157,5 km de ligne sont à équiper de GSM-R :
  - 0,9 km de ligne sont en tunnel ;
  - 146,6 km de ligne sont en extérieur.
- Des postes téléphoniques pleine voie sont à implanter tout le long de la ligne :
  - A chaque point singulier selon les standards RFF pour assurer les fonctions de « Régulation Transport » et « Régulation Traction Electrique » ;
  - Au minimum tous les 1,8 km sur chaque voie, pour assurer la fonction « Alarme Traction ».
- Aucun système GSM GFU n'est à déployer.
- Les systèmes GSM-R en cours de déploiement seront opérationnels à la date de début des travaux sur la ligne Nevers Chagny :
  - En gare de Chagny, sur la ligne Nuit Saint Georges / Senozan dont la date prévisionnelle de mise en service du GSM-R est Juin 2013 ;
  - En gare de Nevers et en sortie de gare de Nevers, sur la ligne Montargis / Saint Germain des Fossés dont la date prévisionnelle de mise en service du GSM-R est Mars 2014.

#### 3.8.3 Analyse technique

##### 3.8.3.1 Principes retenus pour l'architecture du réseau

Il n'est pas nécessaire de distinguer la voie existante de la voie nouvelle dans l'analyse technique car il n'existe aucune infrastructure GSM-R à ce jour.

Le réseau GSM-R sera dimensionné pour supporter les communications vocales dédiées à l'exploitation et à la maintenance de la ligne ferroviaire. Aucun échange de données entre les trains et le Radio Base Centre (RBC) n'est à supporter par le GSM-R.

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Un câble à fibre optiques, dont la capacité exacte est à définir, desservira l'ensemble des sites radio et reliera cette nouvelle infrastructure aux équipements existants (notamment les Base Station Controller qui contrôleront ces sites et qui sont réputés être fournis et installés par RFF). Un chemin de secours doit être prévu pour pallier à toute rupture accidentelle de ce câble dans l'emprise de la ligne.

### 3.8.3.1 Sécurisation de l'architecture du réseau

La sécurisation de l'architecture sera minimale, assurée par des batteries.

La redondance se limite à celle des circuits de transport d'information, mais n'est pas étendue au doublement des équipements connectés.

### 3.8.3.2 Pistes d'optimisation du coût de l'architecture du réseau

Les pistes d'optimisation sont principalement :

- La réutilisation d'infrastructures existantes
- La mise à disposition à des tiers, des nouvelles infrastructures

Concernant la réutilisation des infrastructures existantes :

- La voie nouvelle du raccordement se situe à proximité de la ligne LGV déjà équipée de GSM-R. Une étude particulière pourra être menée en phase PRO pour vérifier les possibilités de mutualisation ou de partage des installations existantes ;
- La technologie existante GSM-GFU s'appuie normalement sur une couverture radio de densité similaire à celle requise pour le futur réseau GSM-R. L'utilisation du GSM-R sur cette ligne étant limité aux communications vocales et la vitesse maximale de circulation des trains étant limitée à 160 km/h, il n'est pas indispensable que les sites radio soient à proximité immédiate de la voie ferrée. Certains sites radio privés GSM pourraient techniquement être mutualisés pour accueillir des sites GSM-R et constituer une source d'économie. Une étude serait nécessaire pour étudier les conditions économiques de ce partage si RFF et les opérateurs en place s'accordent sur le principe d'étudier cette mutualisation. Ces conditions économiques sont à comparer au coût des acquisitions foncières à prévoir ;
- Concernant la mise à disposition à des tiers, il peut être intéressant de concevoir les nouveaux sites de telle sorte qu'ils puissent accueillir d'autres opérateurs publics.

### 3.8.3.3 Conséquences sur le dimensionnement

Une couverture radio plus espacée qu'en ERTMS niveau 2 sera suffisante, d'environ 1 antenne tous les 7 km. Un répéteur radio est aussi positionné à chaque extrémité de la partie enterrée de la ligne.

## 3.9 Les variantes d'aménagement

### 3.9.1 Variante 1 : électrification partielle

#### 3.9.1.1 Fonctionnalités

L'électrification partielle permet un phasage des travaux dans le temps.

#### 3.9.1.2 Hypothèses

Deux variantes d'électrification sont envisagées :

- Electrification du seul tronçon de Nevers à Montchanin (ensemble des installations comprises entre les deux gares, jusqu'à Montchanin-ville) ;
- Electrification du seul tronçon de Montchanin à Chagny (ensemble des installations comprises entre les deux gares, jusqu'à Montchanin-ville).

**Le phasage des travaux d'électrification implique aussi un phasage des travaux de mise au gabarit GB1 et des travaux d'adaptation de la signalisation.**

#### 3.9.1.3 Analyse technique

##### 3.9.1.3.1 Analyse technique de la variante : Electrification de Montchanin à Nevers

Les travaux d'électrification s'étaleront sur un linéaire d'environ 132 km, du Pk 1.101 au Pk 133.275, y compris la gare de Montchanin-Ville.

La section fera l'objet des mêmes travaux du scénario : « électrification totale » avec mise en place de 4 sous-stations :

- Création de 4 sous-stations pour le 25 Kv et 2 sous-stations pour le 2\*25 Kv ;
- Dégagement du gabarit électrique et du gabarit GB1 du Pk 1.101 au Pk 133.275 ;
- Déploiement de la caténaire 85 sur environ 132 km;
- Adaptation de la signalisation.

Ce phasage facilitera, éventuellement, l'interception de la ligne par les travaux, en gardant la section Montchanin-Chagny sous exploitation commerciale.

Toutefois, cette configuration générera une rupture de charge au niveau de la gare de Montchanin pour les trains électriques et pour les trains fret nécessitant le gabarit de passage GB1. Ainsi pour permettre des trajets au-delà de Montchanin, il est obligatoire de revenir au matériel thermique ou de programmer des correspondances au niveau de Montchanin.

A ce stade d'étude aucune économie significative n'est associée à ce phasage à part un échelonnement des investissements.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.9.1.3.2 Analyse technique de la variante : Electrification de Chagny à Montchanin

Les travaux d'électrification s'étaleront sur un linéaire d'environ 30 km, du Pk 162.425 au Pk 133.275, y compris la gare de Montchanin-Ville.

La section fera l'objet des mêmes travaux du scénario : « électrification totale » avec mise en place d'une seule sous-station :

- Création d'une seule sous-station ;
- Dégagement du gabarit électrique et du gabarit GB1 ;
- Déploiement de la caténaire 85 ;
- Adaptation de la signalisation.

Ce phasage facilitera, éventuellement, l'interception de la ligne par les travaux, en gardant la section Nevers-Montchanin sous exploitation commerciale.

Toutefois, cette configuration générera une rupture de charge au niveau de la gare de Montchanin pour les trains électriques et pour les trains fret nécessitant le gabarit de passage GB1. Ainsi pour permettre des trajets au-delà de Montchanin, il est obligatoire de revenir au matériel thermique ou de créer des correspondances au niveau de Montchanin.

A ce stade d'étude aucune économie significative n'est associée à ce phasage à part un échelonnement des investissements.

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|   | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|   |   | Document de travail |

### 3.9.2 Variante 2 : voie voyageur à quai en tiroir à la gare de Creusot-Ville

#### 3.9.2.1 Fonctionnalités

Cette variante est étudiée dans le but de développer des navettes Chalon-Montchanin-Creusot-Ville ayant comme origine terminus la gare de Creusot-Ville.

Suite à la visite du site avec RFF et SNCF, il a été retenu l'aménagement du tiroir 3 avec des modifications légères des plans de voie au niveau de la gare.

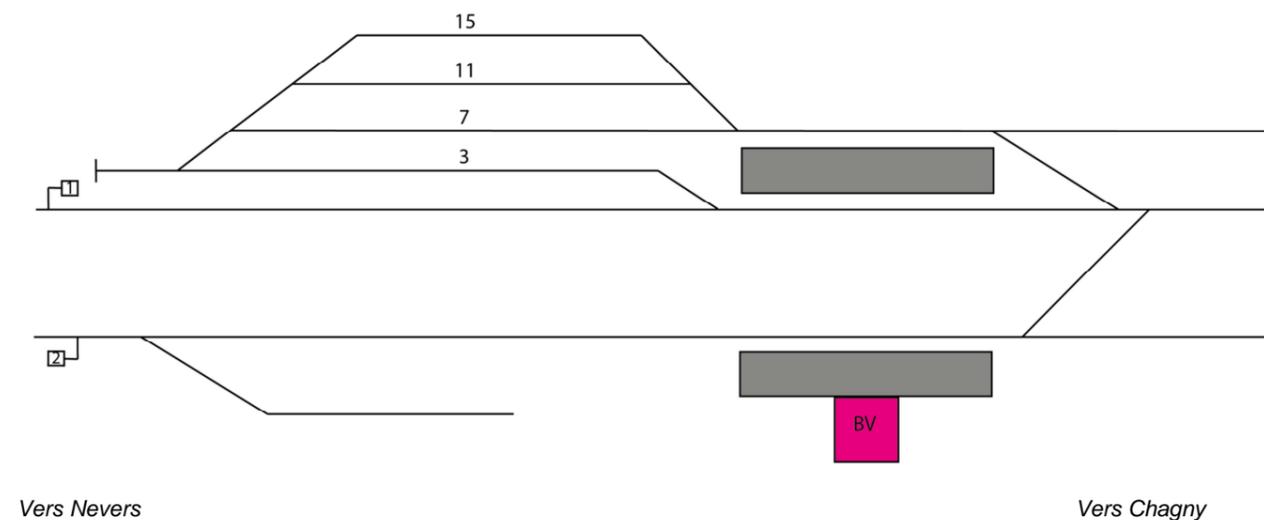


Figure 44 : Plan de voie au niveau de la gare de Creusot-Ville

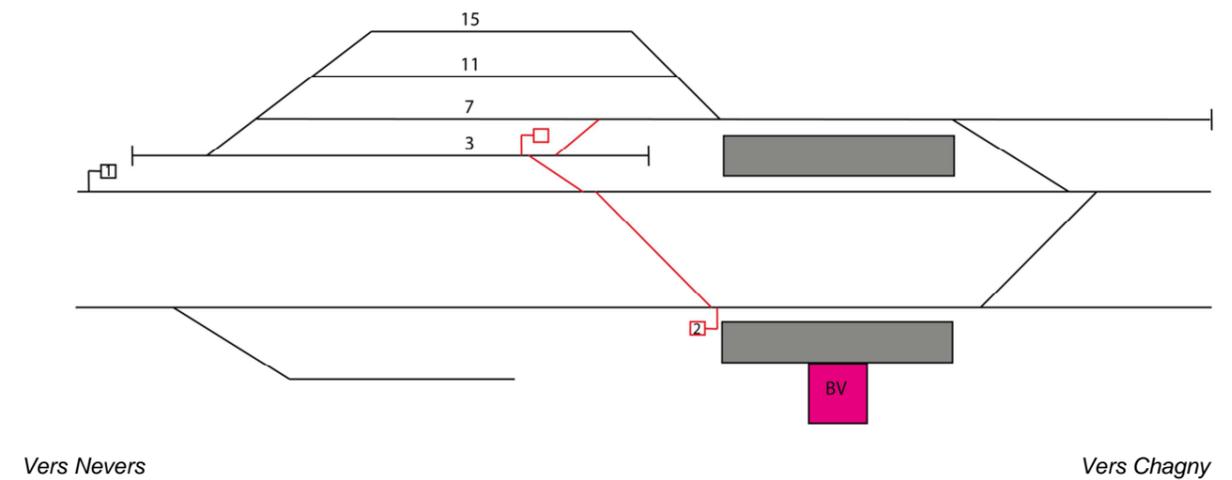


Figure 45 : Synthèse des aménagements de la variante Creusot-Ville

#### 3.9.2.2 Hypothèses

- L'utilisation du tiroir 3 est possible.

#### 3.9.2.3 Analyse technique

La réalisation de cette variante nécessite la reprise du plan de voie au niveau de la gare de Creusot-Ville. Les modifications à apporter sont :

- Déplacement du signal de la voie 2 ;
- Création de 2 communications (en rouge);
- Reprise de la voie du tiroir 3 : RVB et assainissement.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.9.3 Variante 3 : Raccordement TAGV/TER au Nord de la gare TGV du Creusot

#### 3.9.3.1 Fonctionnalités

Réaliser un raccordement entre les voies à quai de la ligne à grande vitesse et le nouveau raccordement TER (Cf. § 2.2 Tracé de base). Ce raccordement permettra les itinéraires Lyon-Dijon dans les deux sens et au-delà une liaison avec la LGV Rhin-Rhône. Le point de raccordement du raccordement TER sur la ligne classique s'établit au niveau de Montchanin au Pk 134,2.

#### 3.9.3.2 Hypothèses

- Deux implantations possibles pour la gare TER : à l'Est de la gare TGV actuelle d'une part, à l'Ouest d'autre part ;
- Une proximité entre la future gare TER et l'actuelle gare TGV pour assurer des correspondances dans les meilleures conditions ;
- Sortie du raccordement TER<sup>®</sup> à 120 km/h puis insertion sur les voies principales de la LN1 à une vitesse de 160 km/h ;
- Sortie des voies principales de la LN1 à une vitesse de 160 km/h puis entrée sur le raccordement TER<sup>®</sup> à 120 km/h;
- Les TAGV empruntant le raccordement ne font pas arrêt systématique à la gare de Creusot TGV ;
- Electrifier les raccordements LGV à partir de la LN1 et les raccordements TER<sup>®</sup> à partir de la sous-station nouvellement créée.

#### 3.9.3.3 Analyse technique

Lors de l'analyse technique, plusieurs solutions de tracé ont été étudiées, permettant de prendre en compte une double contrainte :

- tout d'abord se caler sur les exigences techniques LGV : le tracé du raccordement doit permettre l'insertion des TàGV sur la LN1 à une vitesse de 160 km/h à la jonction des voies de gare sur les voies principales de circulation : des courbes larges et un tracé consommateur de linéaire ;
- mais dans le même temps, une exigence financière : une nécessaire optimisation du tracé avec un raccourcissement du linéaire et des courbes plus serrées pour réduire les coûts associés.

Lors de la phase de conception des tracés, un des points durs rencontrés est l'implantation des sections de séparation<sup>4</sup>.

L'hypothèse de séparer l'alimentation des deux raccordements TGV<sup>®</sup> et TER<sup>®</sup> impose l'implantation de ces sections de séparation sur les bretelles TGV<sup>®</sup> avant le point de raccordement avec le tracé TER<sup>®</sup>.

Ainsi, la phase de conception, a intégré la distance suffisante et les conditions topographiques nécessaires<sup>5</sup> pour placer ces sections<sup>6</sup>.

#### 3.9.3.3.1 Gare à l'Est

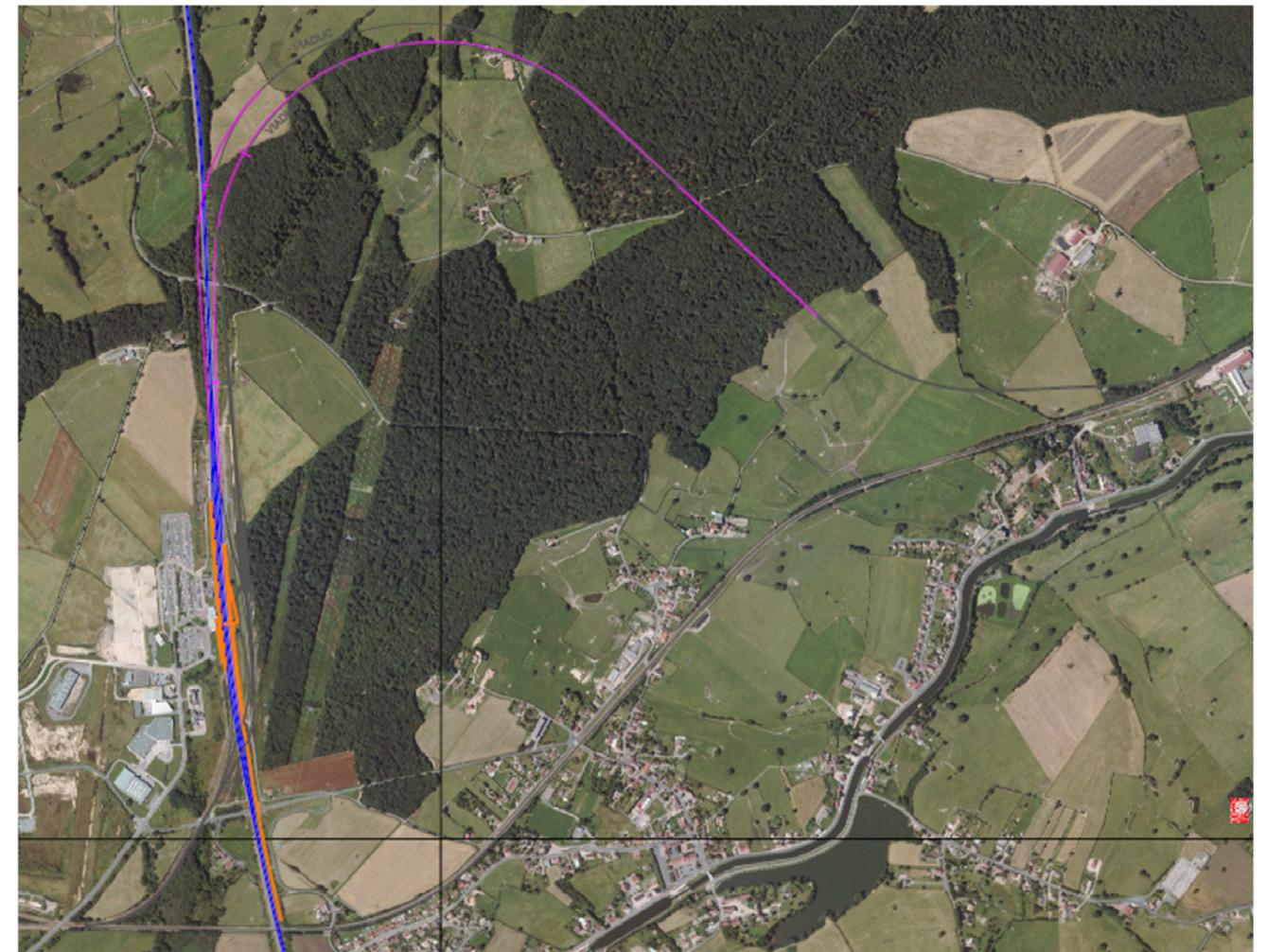


Figure 46 : Tracé en plan du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Est

<sup>4</sup> Il s'agit d'une section de changement de phase et de tension.

<sup>5</sup> L'implantation d'une section de séparation requiert un tracé plat, dégagé des appareils de voie.

<sup>6</sup> On a opté pour des sections de séparation à lame d'air longues d'environ 180m.

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements<br>EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | Rapport d'études    |
|  | Référence RFF :   | 14/01/2015          |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET  | Version B           |
|  |   | Document de travail |

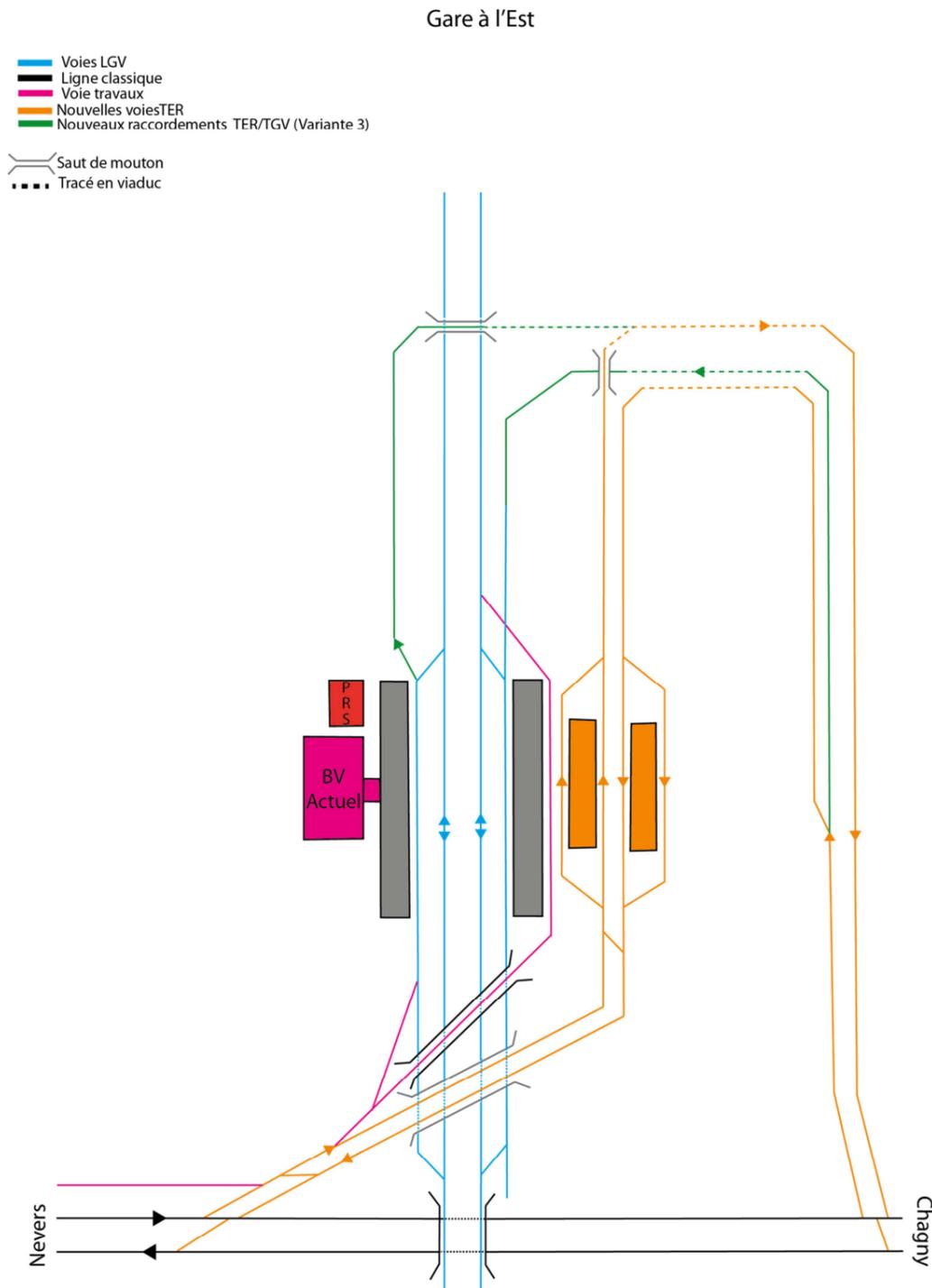


Figure 47 : Schématique du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Est

Le tracé est conçu à une vitesse de 120 km/h, il est long d'environ 3 200 ml et se compose de :

- Pour la bretelle de sortie de la LN1:
  - Un alignement droit de 528 ml ;
  - Une courbe d'un rayon de 550 m et d'une longueur d'environ 407 ml, introduite par un raccordement progressif de 110 ml ;
- Pour la bretelle d'entrée à la LN1:
  - Un alignement droit de 98 ml ;
  - Une courbe d'un rayon 3 500 m et d'une longueur de 71 ml introduite par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Un alignement droit d'environ 220 ml introduit par un raccordement progressif de 60 ml ;
  - Une courbe d'un rayon de 550 m et d'une longueur de 1 177 ml, introduite par un raccordement de 110 ml ;
  - Un alignement droit d'environ 250 ml introduit par un raccordement de 110 ml.

Le profil en long du tracé est comme suit :

- Une rampe de 3 ‰ pour franchir la LN1 sur une longueur d'environ 375 ml ;
- Une pente de 11 ‰ sur une longueur d'environ 250 ml ;
- Une pente de 25 ‰ sur environ 150 ml.

Le tracé passe par un nouveau pont-rail prolongé en viaduc d'une longueur d'environ 350 ml.

**NOTA :** Les deux raccordements TER<sup>®</sup> et LGV<sup>®</sup> ont des aménagements en commun. Pour des considérations de phasage, le chiffrage de ces aménagements est supporté par le tracé TER (viaduc à double voie, viaduc de branchement).

**Bretelle de sortie**

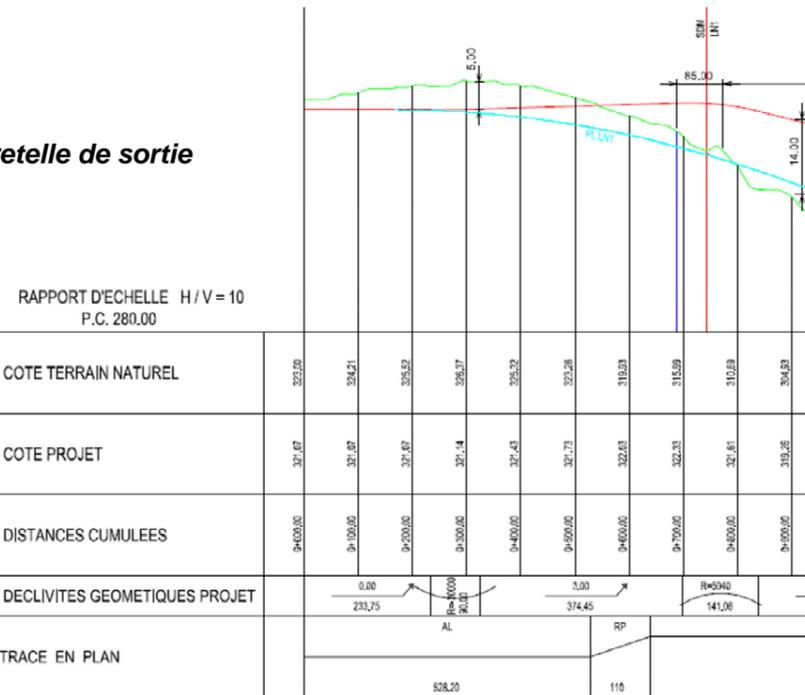


Figure 48 : Profil en long de la bretelle de sortie de la LN1

**Bretelle d'entrée**

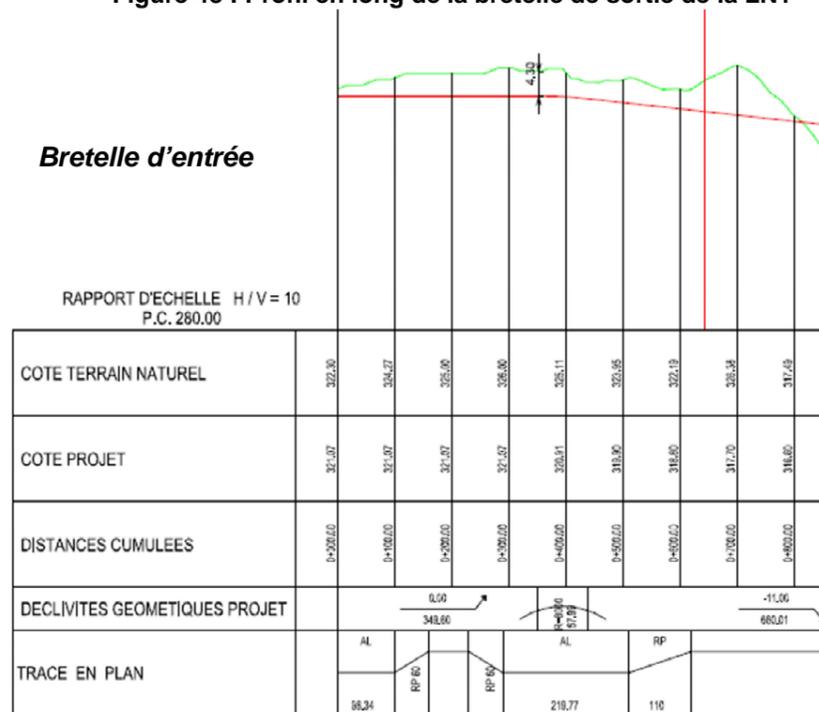


Figure 49 : Profil en long de la bretelle d'entrée à la LN1

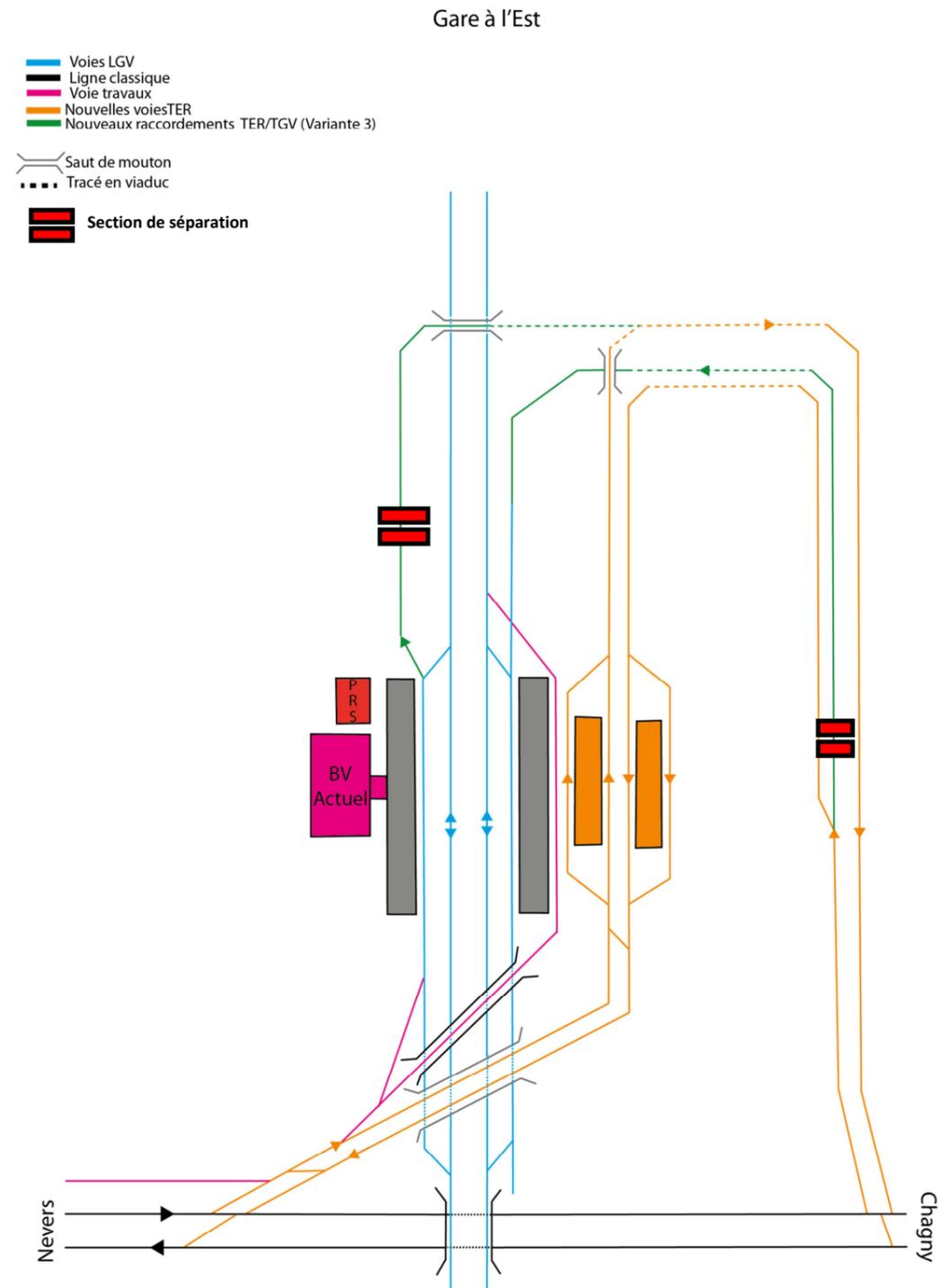


Figure 50 : Implantation des sections de séparation

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

3.9.3.3.2 Gare à l'Ouest



Figure 51 : Tracé en plan du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Ouest

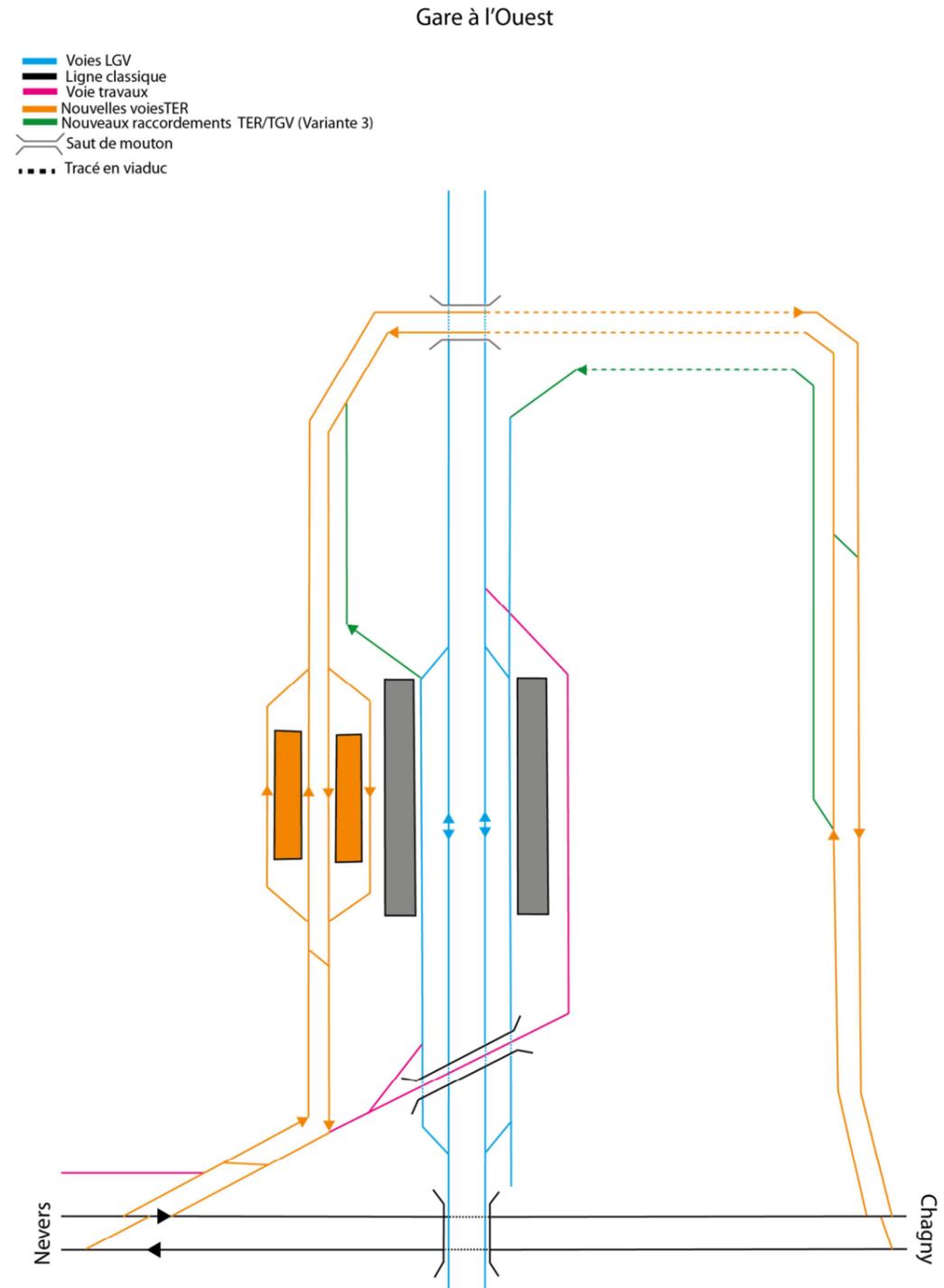


Figure 52 : Schématique du scénario de base et de la variante 3 avec gare à l'Ouest



|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

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 entraîne 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).

### Signalisation sur le raccordement TGV

Nous proposons la mise en place d'une signalisation latérale de type BAL sur le raccordement TGV, compte tenu des aménagements réalisés sur la ligne classique Nevers-Chagny, ainsi que de la vitesse de parcours inférieure à 160 km/h.

Afin de permettre le passage vers la ligne nouvelle, une transition de signalisation entre signalisation latérale classique et signalisation embarquée LGV devra être réalisée. Ceci justifie une approche comparative de la signalisation à prévoir sur le raccordement TGV au niveau de la gare du Creusot TGV :

#### - TVM300

- Avantage : permet de concevoir un raccordement qui pourra être circulé par tous les TGV
- Inconvénient : la TVM300 n'est pas très souple en ce qui concerne la séquence de décélération des trains. La meilleure option consiste à repasser le plus rapidement possible en signalisation classique au sol. Cela ne permet pas d'optimiser le tracé des raccordements, car la séquence de décélération ne pourra être commandée au conducteur au mieux 500 m après le dépassement de l'extrémité du quai (le temps de faire la transition de signalisation). Le tracé du raccordement serait alors en limite des étangs au Nord de la zone d'étude, essentiellement en viaduc, donc un impact assez fort sur le coût du programme.

#### - ERTMS :

- Avantage : permet de commander le freinage au conducteur dès le dégagement de l'aiguille de la voie déviée (grande souplesse), et donc de limiter au maximum l'emprise du raccordement. Ceci permet de mieux justifier la mutualisation avec le raccordement TER, et de limiter les coûts de cet élément de programme.
- Inconvénient : on exporte une contrainte sur l'exploitant, car seuls les TGV équipés en ERTMS pourront circuler sur le raccordement.

Choix pour la suite des études :

Compte tenu que le projet de raccordement TGV est plutôt une option de long terme (au-delà de 2020), on considère que la meilleure option pour étudier le raccordement TGV est de se placer en signalisation ERTMS (déploiement prévisionnel sur LN1 en 2019-2020). Cela permettra d'évaluer le coût de cet élément de programme au plus juste, tout en garantissant une insertion des TGV à 160km/h à l'horizon de la mise en service de ces raccordements.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

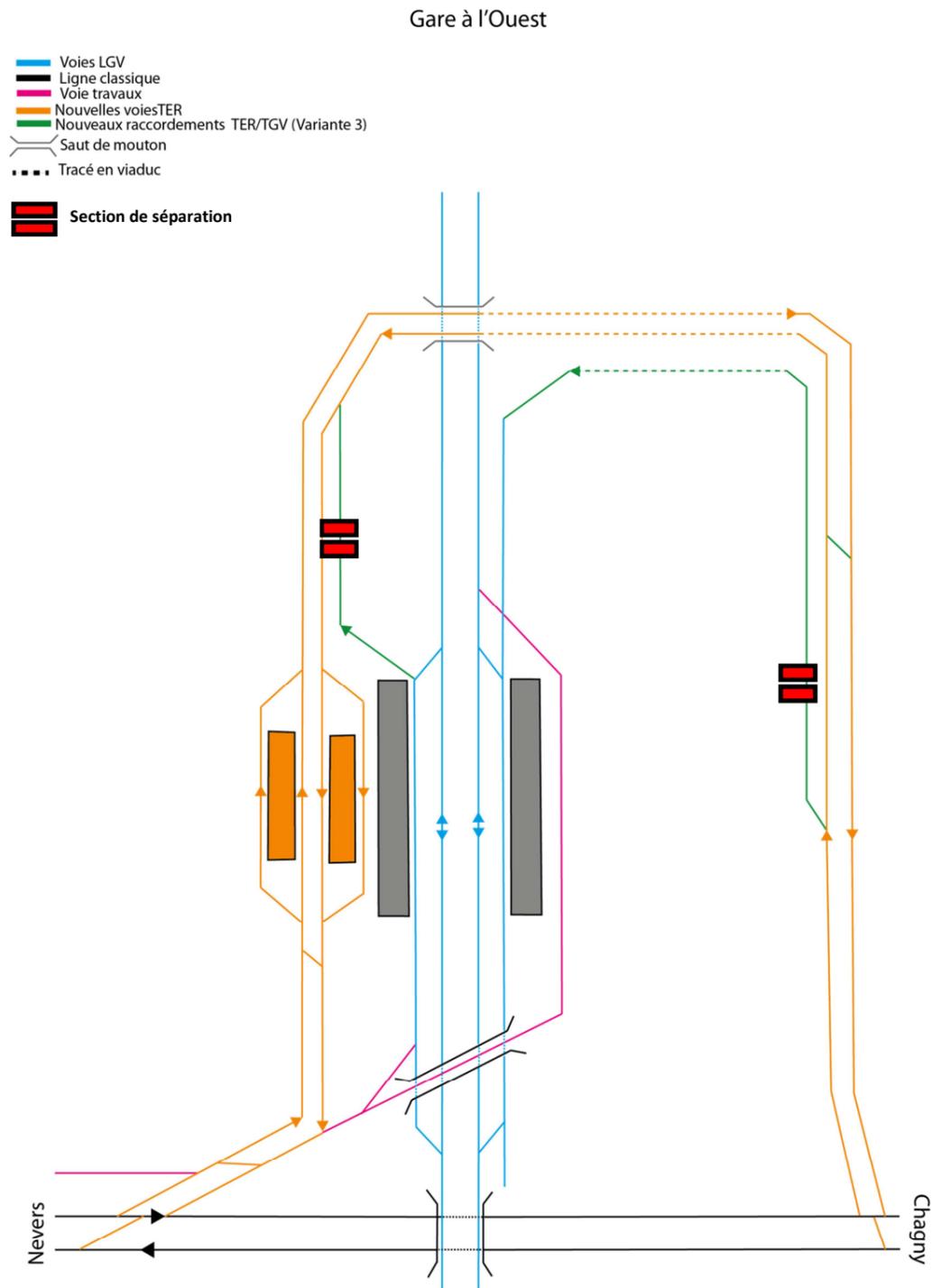


Figure 56 : Implantation des sections de séparation

### 3.9.4 Variante 4 : raccordement en triangle à Ecuisses

#### 3.9.4.1 Fonctionnalités

Cette variante permettra les trajets Lyon-le Creusot TGV-Nevers- Bourges-Tours dans les deux sens.

Elle consiste en la réalisation d'une virgule entre la ligne classique et le nouveau raccordement de base. Il sera parcouru par des TAGV caboteurs. Le point de raccordement de la virgule d'Ecuisses sur la ligne classique est évalué au Pk 137,6.

#### 3.9.4.2 Hypothèses

Aucune

#### 3.9.4.3 Analyse technique

##### 3.9.4.3.1 Gare à l'Est

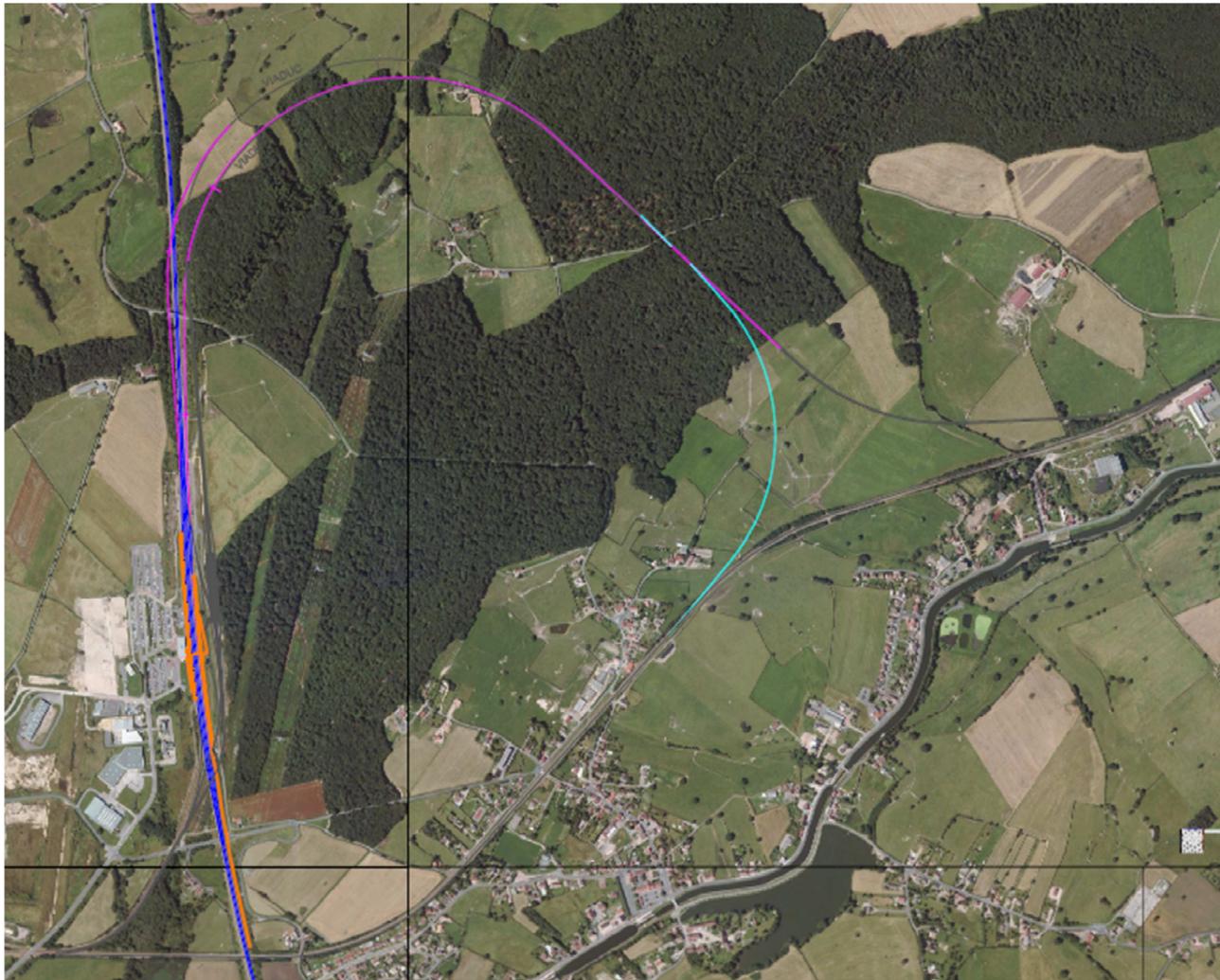


Figure 57 : Tracé en plan du scénario de base complété par les variantes 3 et 4

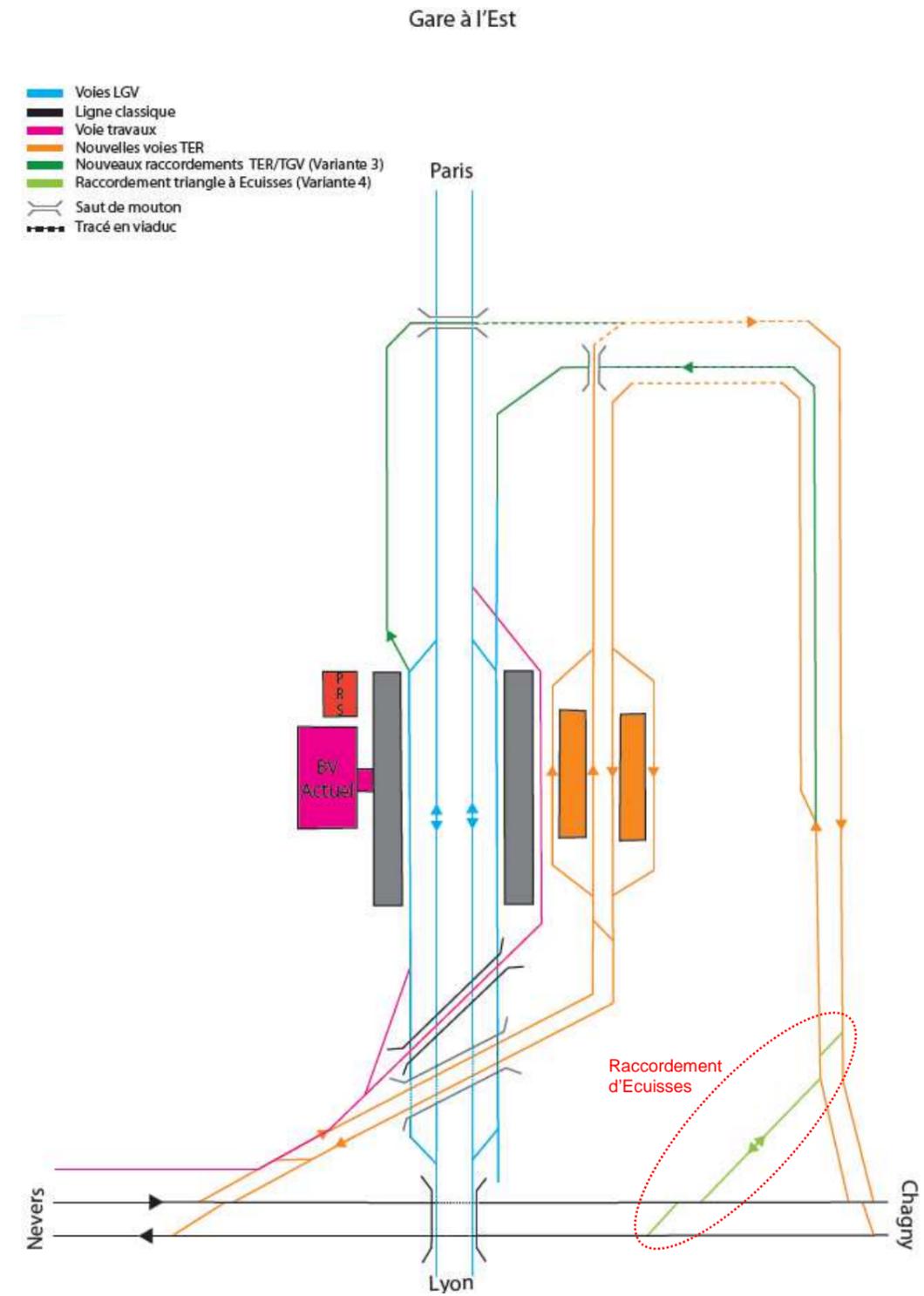


Figure 58 : Schématique du scénario de base complété par les variantes 3 et 4

Le tracé est long de 1 075 ml environ et se compose de :

- Un alignement droit de 96 ml ;
- Une courbe d'un rayon de 500 m et d'une longueur de 652 ml introduite par un raccordement progressif de 60 ml ;
- Un alignement droit de 208 ml introduit par un raccordement progressif de 60.

### 3.9.4.3.2 Gare à l'Ouest



Figure 59 : Tracé en plan du scénario de base complété par les variantes 3 et 4

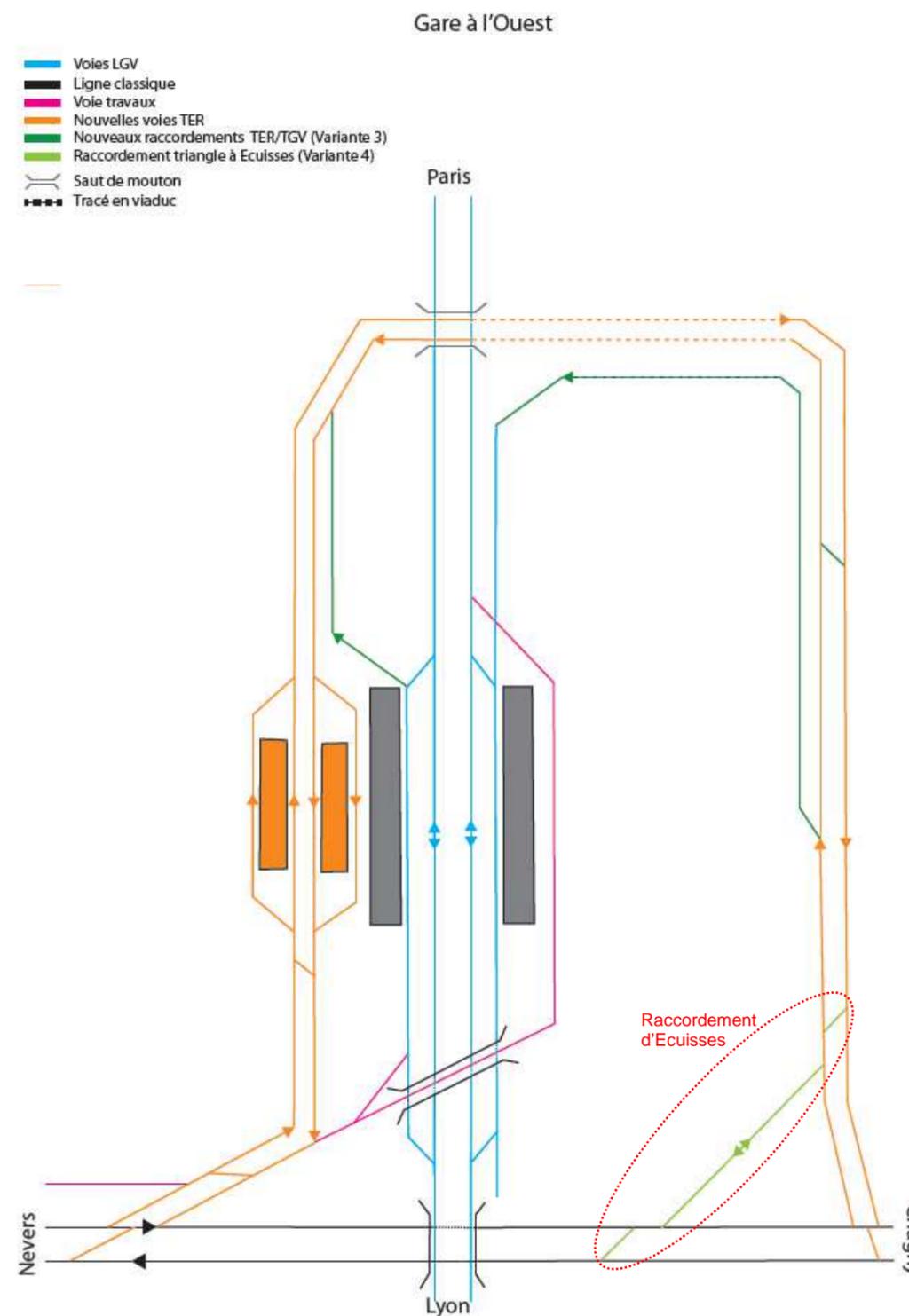


Figure 60 : Schématique du scénario de base complété par les variantes 3 et 4

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Le tracé est long de 1 278 ml et se compose de :

- Un alignement droit de 72 ml ;
- Une courbe d'un rayon de 500 m et d'une longueur de 670 ml introduite par un raccordement progressif de 60 ml ;
- Un alignement droit de 415 ml introduit par un raccordement progressif de 60 ml.

### 3.9.5 Variante 5 : voie de dépassement à Saint-Léger-sur-Dheune

#### 3.9.5.1 Fonctionnalités

Réaliser une 3<sup>ème</sup> voie de dépassement longue de 1.0 km, située immédiatement à l'est du passage à niveau 96, entre les Pk 149,5 et 150,6.

#### 3.9.5.2 Hypothèses

Les photos aériennes de 1963 montrent l'existence d'une 3<sup>ème</sup> voie sur le tronçon étudié. Nous travaillons sous l'hypothèse d'une réutilisation partielle de la plateforme de cette voie.



Figure 61 : Photo aérienne de Saint-Léger-sur-Dheune datant de 1963 (Géoportail)

#### 3.9.5.3 Analyse technique

Les travaux nécessaires à la création cette nouvelle voie sont :

- Acquisitions foncières éventuelles ;
- Purges ponctuelles de la plateforme (sur l'emprise correspondant à l'ancienne troisième voie) ;
- Modification du tracé en aval du PN 96 et en amont du PN 97 ;
- Pose d'une nouvelle voie sur 1000 ml et des 6 AdV ;
- Installation de 4 signaux ;
- Adaptation des PN (annonce) ;
- Télécommande depuis Chagny et tirage de 11 km de fibres optiques.

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

### 3.9.6 Variante 7 : Electrification de Montceau à Montchanin

#### 3.9.6.1 Fonctionnalités

Cette variante est étudiée dans le but de développer, à terme, entre Montceau-les-Mines et Montchanin le trafic fret ou des liaisons Tram-Train.

#### 3.9.6.2 Hypothèses

- Electrification préalable de la ligne Nevers-Chagny ;
- Electrification en 25 Kv ;
- En l'absence de données techniques (Base FICOA, Relevés Elise, PV des ouvrages...) concernant la ligne 769000 entre Montceau-les-Mines et Montchanin, nous nous basons sur des photos aériennes.
- La ligne comporte, à priori, 4 ponts-routes, 2 passerelles et 2 conduites. Pour dégager le gabarit électrique et en l'absence de toute donnée sur l'état des ouvrages, nous optons pour un taux de reprise de 50% pour les PRO et les passerelles et de 100% pour les conduites.

#### 3.9.6.3 Analyse technique

L'électrification de ce tronçon long de 15 km sera favorisée par le programme de modernisation de la ligne Chagny-Nevers. La section entre Montceau et Montchanin sera alimentée par la sous-station placée à Creusot-Ville (Pk 125.644) avec déploiement de la caténaire 85.

Un PRO, une passerelle et deux conduites feront l'objet de travaux de dégagement du gabarit électrique à 5.31 m. Ces travaux consisteront en la démolition et la reconstruction de ces ouvrages au niveau requis.

La portion de ligne comprise entre la bifurcation de Montchanin et la gare de Montceau-les-Mines présente 2 passages à niveau sur routes majeures, localisés sur la commune de Blanzay. Le niveau du fil de contact devra être adapté au droit de ces PN, dans le respect des référentiels en vigueur et en tenant compte des PRO encadrants (IN 0166). La distance qui sépare ces PN des PRO encadrants est de :

- PN sur RD 102 : 2550m au sud (PRO de la rue du Moulin) et 2950m au nord (PRO sur route du Centre) ;
- PN sur RD 980 : 2350m au sud (passerelle de la rue Delacroix) et 2350m au nord (PRO de la rue du Moulin).

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
|  | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|   | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|   | Référence RFF :                              | Version B           |
|   | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

## 4 Mesures environnementales

Dans le cadre du présent chapitre, l'analyse des impacts environnementaux est réalisée par aménagement afin de les dissocier lors de la définition ultérieure des variantes et des scénarios.

Par aménagement, l'analyse est réalisée en abordant les différentes thématiques présentées à l'état initial.

L'analyse de ces impacts se base sur le diagnostic environnemental réalisé à ce stade d'étude. Il s'agit ici de présenter :

- Les principaux impacts des aménagements ;
- Les éventuels points durs ;
- Les éléments discriminants lorsque l'aménagement présente plusieurs variantes.

A ce stade, les impacts sont évoqués pour un trafic constant.

### 4.1 Analyse de l'impact de l'électrification de la ligne existante et mesures proposées

L'électrification de la ligne existante comprend :

- La mise en œuvre des poteaux caténaire le long de la ligne ;
- La création de sous-stations électriques pour l'alimentation du réseau.

Vis-à-vis des sous-stations électriques, leur implantation est conditionnée par le réseau électrique haute tension existant auquel elles doivent se raccorder. Afin de réduire les travaux de raccordement, et donc les incidences, les sous-stations seront implantées au plus proche de la jonction voie ferrée / ligne électrique. Des zooms de la carte de synthèse des enjeux sont disponibles au niveau des zones d'implantation envisagées des différentes sous-stations. (voir annexe)

#### 4.1.1 Impacts sur le milieu physiques et mesures proposées

Dans la mesure où le projet consiste à électrifier une ligne existante, les impacts sur les écoulements des nappes d'eaux souterraines sont nuls à faibles. En effet :

- La pose des poteaux conduirait à la réalisation des petites excavations régulières de 0,75 m de diamètre sur des profondeurs limitées (de 1,7 à 3 m), bien souvent dans les sols déjà remaniés lors de la construction de la voie ferrée. Elles sont rebouchées à l'avancement ;
- La création des sous-stations est réalisée au niveau du terrain naturel sans terrassement important.

La réalisation de l'électrification ne modifie pas les ouvrages hydrauliques existants et n'impacte pas de cours d'eau (cf. recommandation par rapport à l'implantation des sous-stations).

La zone d'étude est globalement considérée comme humide, il ne s'agit donc pas, à ce stade d'étude, d'un paramètre discriminant. Toutefois cet enjeu devra être analysé finement aux stades ultérieurs des études AVP PRO.

L'implantation des sous-stations doit prendre en considération les recommandations suivantes :

- Sous-station 1 (Imphy) : l'implantation sera réalisée, autant que possible, côté Nord de la voie ferrée, hors des zones inondables réglementées du PPRI ;
- Sous-station 2 (Decize- Champvert) : implantée dans un délaissé au sein d'une zone d'activité, ce site ne présente pas de contrainte majeure vis-à-vis des eaux (distance à respecter vis-à-vis des cours d'eau, affluents de l'Aron) ;
- Sous-station 3 :
  - Option Semalay : l'implantation de cette sous-station sera réalisée à distance du cours d'eau de l'Alène afin de réduire les incidences ;
  - Option Les Chamonts : la sous-station sera calée à distance du cours d'eau de l'Alène ;
- Sous-station 4 (le Creusot) : implantée au sein d'une zone d'activité, ce site ne présente pas de contrainte majeure vis-à-vis des eaux ;
- Sous-station 5 (Chagny) : la sous-station sera calée préférentiellement en dehors du périmètre de protection rapproché du captage AEP, soit côté Nord de la voie ferrée existante ; tout en évitant également, dans la mesure du possible, la zone boisée.

#### 4.1.2 Impacts sur le milieu naturel et mesures proposées

Les principaux impacts de cet aménagement concernent :

- Les risques associés à l'électrification de la ligne pour les espèces aériennes ;
- L'effet d'emprise des sous-stations électriques sur des milieux potentiellement sensibles.

En effet, à trafic constant, la « transparence » de la ligne vis-à-vis de la faune, et les circulations autour de celle-ci seront maintenues. L'aspect lié au trafic sera plus précisément analysé lors des comparaisons de variantes, mais pas à ce stade d'étude préliminaire (l'augmentation du risque de collision n'est donc pas abordée ici).

#### 4.1.3 Impacts potentiels de l'électrification de la ligne et mesures proposées

L'électrification de la ligne présente plusieurs types de risques potentiels sur l'avifaune et les chiroptères, plusieurs secteurs à enjeux ayant été identifiés le long de la ligne existante :

- Risque de collision avec les lignes électriques : au vu de la hauteur des caténaires, ce risque est considéré comme nul pour les chiroptères qui utilisent l'écholocation lors de leurs déplacements et dont les déplacements se font à une hauteur plus basse que celle de la caténaire pour la plupart des espèces (risque plus élevé de collision avec les trains). En revanche, il s'agit d'une incidence permanente qui peut être particulièrement significative pour certaines espèces d'oiseaux. Cette incidence potentielle sera d'autant plus marquée en cas de vent, de brouillard ou de forte pluie, qui peuvent perturber les oiseaux dans leurs déplacements. On peut supposer que ce risque sera plus important dans les premiers temps de la mise en place des câbles électriques ;
- Risque d'électrocution : il s'agit du risque d'électrocution par contact avec le câble électrifié et celui de terre. Ainsi, de par la faible envergure des chiroptères, ce risque est considéré comme nul pour ces espèces. Ce risque concerne principalement les oiseaux de grande envergure ; Comme pour le risque de collision, ce phénomène est accru sous certaines conditions climatiques ;

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

- Perturbations liées à l'apparition d'un champ électromagnétique : cet effet peut être considéré comme peu significatif et négligeable pour les chiroptères, comme pour les oiseaux. Les voltages mis en œuvre n'induiront qu'une perturbation très localisée et sans commune mesure avec celle pouvant être occasionnée par le réseau de transport d'énergie électrique de 90 kV à 400 kV.

Ainsi, dans le cadre des études ultérieures AVP PRO, l'analyse de ces impacts sera affinée en fonction des espèces et milieux traversés. Une identification d'axes préférentiels de déplacement pourra être effectuée afin de proposer des mesures de réduction.

En termes de mesures, vis-à-vis de l'avifaune, il pourra être proposé, sur des axes de déplacement à enjeu fort (au niveau de cours d'eau notamment), la mise en œuvre de spirales anticollisions. Il s'agit d'un balisage coloré permettant de mieux repérer l'aménagement, sans trop souligner ce dernier (dans un souci d'intégration paysagère).

#### 4.1.4 Impacts potentiels de l'implantation des sous-stations électriques et mesures proposées

##### 4.1.4.1 Impacts sur le milieu physique et le milieu naturel et mesures proposées

Vis-à-vis des secteurs d'implantation des sous-stations envisagés, leur implantation précise prendra en compte les recommandations suivantes visant à supprimer ou réduire l'incidence sur le milieu naturel :

- Sous-station 1 (Imphy ou sous-station existante) : dans la mesure du possible la réutilisation de la sous-station existante sera recherchée afin de réduire les impacts. Si la solution de création d'une sous-station à Imphy est retenue, on cherchera à caler la sous-station préférentiellement côté nord de la voie ferrée, hors ZNIEFF de la vallée de la Loire et hors boisement. Dans tous les cas la sous-station risque de concerner des zones humides au vu de sa localisation au niveau de la vallée de la Loire. Ainsi des prospections de terrains dans la zone d'implantation de la sous-station seront nécessaires pour affiner la délimitation des zones humides sur le secteur et caractériser leurs enjeux afin de caler au mieux la sous-station et de réduire la consommation d'espace naturel réglementaire.
- Sous-station 2 (Decize-Champvert) : implantée dans un délaissé au sein d'une zone d'activité, ce site ne présente pas de contrainte majeure vis-à-vis du milieu naturel (distance à respecter vis-à-vis des cours d'eau) ;
- Sous-station 3 : les deux options d'implantation de la sous-station sont localisées dans les limites de la SIC du bocage sud Morvan et de la ZNIEFF de type II du pays de Four qui couvrent de vastes superficies. Les sous-stations seront calées de manière à préserver le bocage existant. A noter que l'option de sous-station à Semalay implique la création complémentaire d'un raccordement électrique (enterré ou aérien) qui présente des incidences supplémentaires comparativement à l'option aux Chamonts qui sera donc, autant que possible, privilégiée ;
- Sous-station 4 : implantée au sein d'une zone d'activité, ce site ne présente pas de contrainte majeure vis-à-vis du milieu naturel (distance à respecter vis-à-vis des cours d'eau) ;
- Sous-station 5 : la sous-station ne concerne pas des milieux identifiés à enjeu. Toutefois, on évitera autant que possible les zones boisées (inventaires complémentaires à prévoir).

##### 4.1.4.2 Impacts vis-à-vis du milieu humain et mesures proposées

L'électrification présente deux types d'impacts vis-à-vis du milieu humain :

- La consommation foncière de terres agricoles : cette incidence concerne les sous-stations. Les surfaces restent cependant réduites (emprise au sol de 5000m<sup>2</sup> pour une transformation 63kV – 25 kV avec disjoncteurs à l'extérieur du bâtiment). À noter que les communes concernées par l'implantation des sous-stations disposent d'un document d'urbanisme dont il faudra vérifier la compatibilité. Un aménagement foncier agricole et forestier pourrait éventuellement être envisagé.
- L'amélioration de la qualité de l'air : l'électrification, en permettant de faire évoluer le matériel circulant vers des motrices électriques, participera à la réduction des émissions polluantes et donc à l'amélioration de la qualité de l'air, notamment dans les zones urbaines.

À noter que les sous-stations 1 et 4 sont implantées à proximité d'installations classées pour la protection de l'environnement (en autorisation). Il s'agira de vérifier l'existence de périmètres de sécurité (éloignement) associés à ces sites et les éventuelles recommandations qui y sont liées.

##### 4.1.4.3 Incidences acoustiques du projet

###### ▪ Réglementation applicable

La réglementation acoustique relative au bruit des infrastructures ferroviaires (arrêté du 8 novembre 1999 et articles R571-44 à R571-52 du livre V du Code de l'Environnement) indique, entre autres, les seuils de niveaux sonores à respecter dans le cadre de la modification significative d'une infrastructure ferroviaire.

L'article R571-46 du livre V du Code de l'Environnement précise que les travaux d'entretien, de réparation, d'électrification ou de renouvellement des infrastructures ferroviaires ne constituent pas une modification ou une transformation significative d'une infrastructure de transport terrestre.

Il n'y a donc pas de seuil réglementaire à respecter dans le cadre du projet des aménagements de la ligne ferroviaire Nevers-Chagny.

**Réglementairement, aucune protection acoustique n'est à prévoir.**

###### ▪ Analyse acoustique à dire d'expert

Une analyse à dire d'expert, hors cadre réglementaire, est effectuée sur la base des trafics ferroviaire avec et sans projet pour estimer l'évolution du niveau sonore qui pourrait être perçu par les riverains.

Actuellement sur la ligne Nevers-Chagny circulent des trains TER et Fret. Il est considéré que l'ensemble des trains circulent uniquement sur la période de jour (6h-22h). Si des trains FRET circulent la nuit, après les travaux, le projet risque d'engendrer alors une gêne importante auprès des riverains. Il est donc conseillé de limiter la circulation des trains à la période diurne.

Actuellement, les trains TER et Fret circulant sur la ligne Nevers-Chagny sont tractés par des locomotives thermiques. Après les travaux d'électrification, les rames TER actuelles pourront être remplacées par des matériels électriques plus modernes et moins bruyants. Les trains Fret seront tractés par des locomotives électriques mais la source de bruit du train complet (locomotive + wagon)

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Tome 3 : Analyse des aménagements  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

sera identique à la situation actuelle car le bruit du train FRET est principalement issu du contact roue/rail des nombreux wagons (le bruit de la locomotive est insignifiant).

Le tableau ci-dessous indique l'évolution de trafic ferroviaire le long de la ligne ferroviaire Nevers-Chagny :

|             | Type de trains | Nombre de train par jour (6h-22h)*, 2 sens confondus |                    |                     |
|-------------|----------------|--|--------------------|---------------------|
|             |                | Nevers – Etang                                       | Etang – Montchanin | Montchanin – Chagny |
| Sans projet | TER            | 10   | 20                 | 30                  |
|             | FRET           | 3  | 3                  | 3                   |
| Avec projet | TER            | 10   | 20                 | 30                  |
|             | FRET           | 12   | 12                 | 12                  |

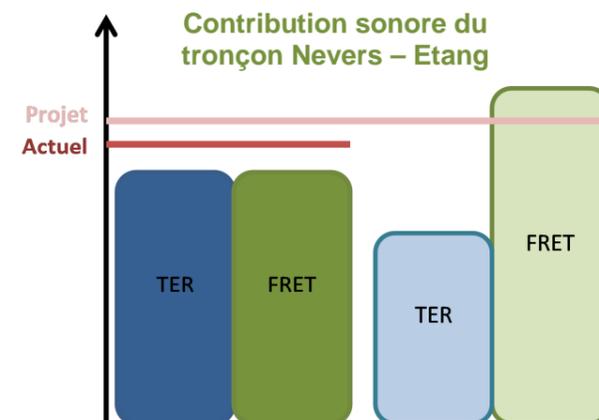
(\*) Pour les TER, le nombre de train sur la période jour (6h-22h) est estimé par extrapolation du nombre de trains sur l'heure de pointe (10xHP) :

| Tronçon                         | Trafic heure de pointe    | ligne                         |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Nevers – Etang                  | 1 train / 2 heures / sens | Dijon-Nevers                  |
| Etang – Le Creusot – Montchanin | 1 train / 2 heures / sens | Dijon-Nevers                  |
| Montchanin - Chagny             | 1 train / 2 heures / sens | Montchanin – Etang            |
|                                 | 1 train / heure / sens    | Chalon-sur-Saône – Montchanin |

Le trafic Fret est multiplié par 4 en situation projet. Ceci correspond à une augmentation du bruit de ces trains d'environ 6 dB(A) sur l'ensemble de la période jour (6h-22h). Le trafic TER restera identique en situation projet mais le bruit sera plus bas d'environ 10 dB(A) en situation projet qu'en situation actuelle (rame électrique moins bruyante).

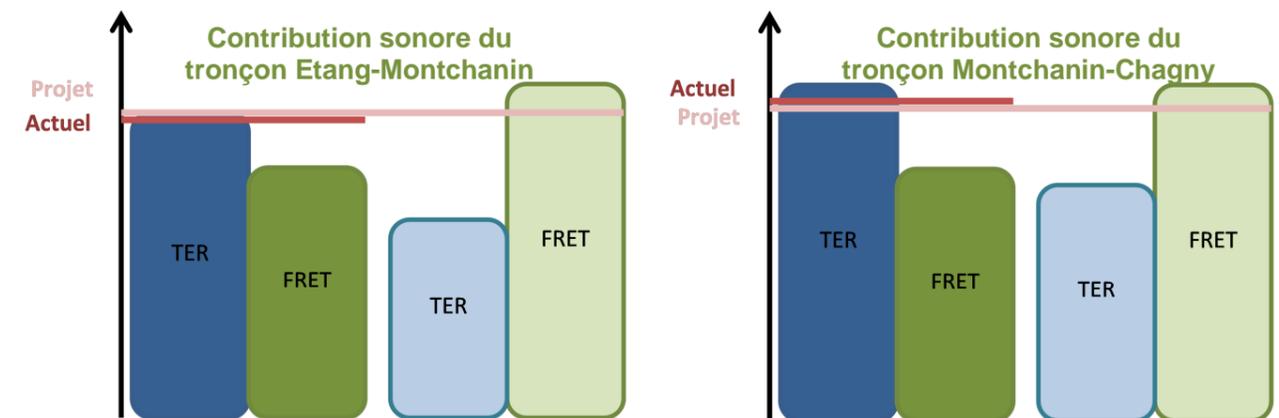
Le trafic Fret est constant sur l'ensemble de la ligne Nevers-Chagny. Le trafic de TER est plus élevé sur la partie Est (Chagny) que sur la partie Ouest (Nevers). L'évolution du bruit ferroviaire est donc différente en fonction des tronçons de trafic.

Actuellement, sur le tronçon Nevers-Etang, actuellement, le bruit ferroviaire est dû aussi bien au trafic des TER qu'à celui des Fret (niveaux sonores équivalents). En situation projet, le bruit ferroviaire sera principalement dû au trafic Fret. La contribution sonore ferroviaire moyenne sur l'ensemble de la période jour sera significative. **Les riverains percevront une augmentation du bruit.**



Sur le tronçon **Etang-Montchanin**, le bruit ferroviaire actuel est principalement dû au trafic des TER. En situation projet, le bruit ferroviaire sera principalement dû au trafic des Fret. **Le bruit global perçut par les riverains en situation projet sera équivalent à celui d'aujourd'hui.**

Sur le tronçon **Montchanin-Chagny**, le bruit ferroviaire actuel est principalement dû au trafic des TER. En situation projet, le bruit ferroviaire sera principalement dû au trafic des Fret. **Le bruit global perçut par les riverains en situation projet sera équivalent à celui d'aujourd'hui.**



#### 4.1.4.4 Impacts vis-à-vis du milieu patrimoine, paysage, tourisme et loisirs et mesures proposées

Les zones d'implantation des sous-stations électriques ne concernent pas de site (inscrit ou classé).

La sous-station 1 (Imphy) préférentiellement placée à l'intersection de la ligne HTB avec la voie ferrée, entre les communes du Bourdy et d'Imphy, sera implantée sur un terrain actuellement hors RFN. Des acquisitions semblent donc nécessaires, ainsi que des restitutions associées.

La sous-station 2 sera implantée côté Nord de la voie ferrée, hors du périmètre de la ZPPAUP.

Entre les deux options de localisation pour la sous-station 3, on soulignera que celle à Semalay implique la création d'un raccordement électrique, possiblement en aérien, qui présente donc une incidence supplémentaire.

À noter que la sous-station 4, au Creusot, concerne les périmètres de protection de 3 monuments historiques inscrits ou partiellement classés. Ainsi une analyse plus fine de la covisibilité devra être réalisée et un dossier soumis à l'Architecte des Bâtiments de France.

L'électrification de la voie amène des éléments nouveaux dans le paysage : les poteaux caténaires et les sous-stations.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| <br><b>RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE</b> | Phase 3 – Analyse des options d'aménagement  | Rapport d'études    |
|  | EP modernisation Nevers-Chagny pour la VFCEA | 14/01/2015          |
|  | Référence RFF :                              | Version B           |
|  | DIFFUSION INTERNE PROJET                     | Document de travail |

Depuis le territoire environnant, l'impact de la modernisation de la voie varie en fonction des entités paysagères traversées. Les éléments de l'électrification de la voie restent des éléments ponctuels qui perturbent modérément les continuités paysagères ou les ouvertures visuelles.

De façon plus générale on peut définir les impacts visuels de la manière suivante :

- De 0 à 500 m, l'impact visuel est moyen,
- De 500 m à 1 km l'impact visuel est faible,
- Au-delà de 1 km, l'impact visuel est nul.

S'agissant de démolition et reconstruction (en place) de pont-route franchissant la voie ferrée, l'impact environnemental reste modéré et limité aux abords immédiats des ouvrages concernés.

Toutefois il s'agira de s'assurer, avant démolition des ouvrages d'art, que ces derniers ne constituent pas des gîtes, en particulier pour les chiroptères.

#### 4.2 Analyse de l'impact environnemental de la mise en œuvre d'un équipement GSM-R et mesures proposées

Le GSM-R (Global System for Mobile communications - Railways) est un standard de communication sans fil basé sur le GSM, et développé spécifiquement pour les applications et les communications ferroviaires. Il permet aux trains de communiquer avec les postes de régulation du trafic ferroviaire, aux agents de conduite, de circulation et de maintenance de communiquer entre eux en mode conférence (appels de groupe), et il autorise le support d'applications de type données comme l'ETCS (European Train Control System).

Ce système implique l'installation d'antennes relais en bordure de voie tous les 6 km en moyenne, placées sur des pylônes d'environ 30 m de hauteur.

Les impacts potentiels de l'implantation de ce type d'équipement sont :

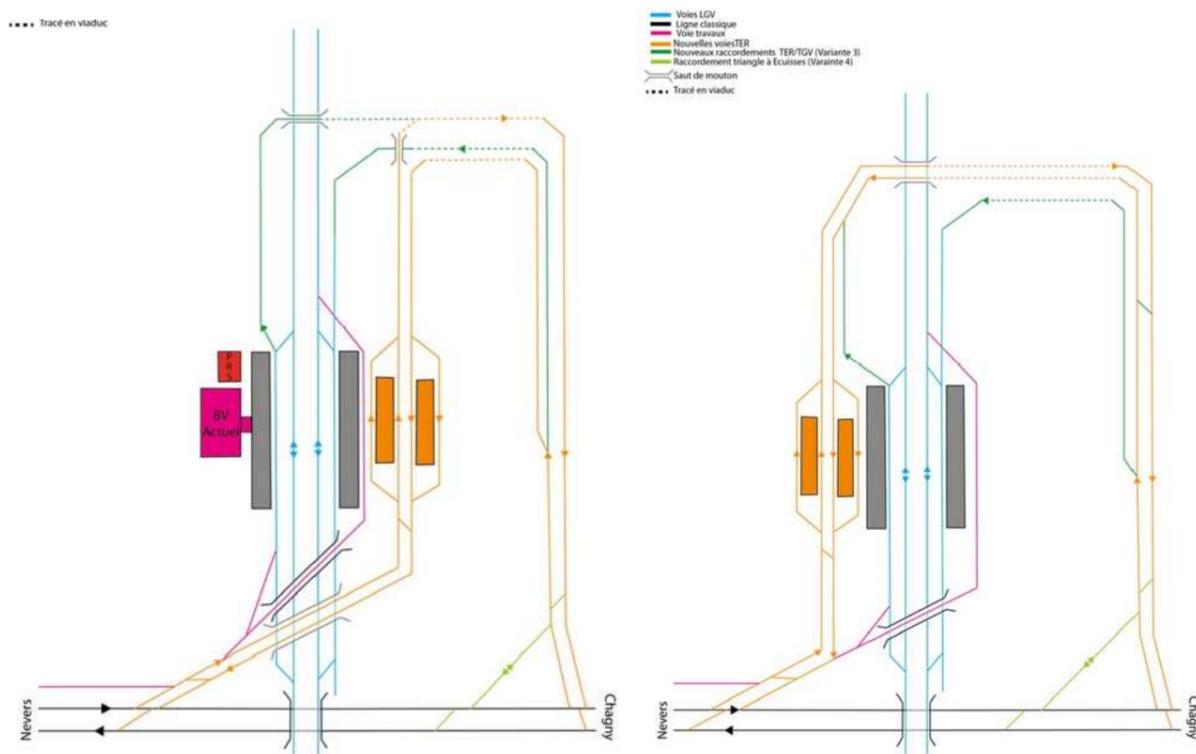
- Emprise foncière : l'équipement restera implanté au sein de l'emprise ferroviaire, sans consommation de terre supplémentaire ;
- Génération d'ondes électromagnétiques : contrairement aux installations de téléphonie mobile dont l'objectif est de couvrir une zone le plus large possible, les ondes des antennes GSM-R sont orientées uniquement le long des voies. Leur intensité décroît très rapidement avec l'éloignement de l'antenne.

#### 4.3 Analyse de l'impact environnemental des raccordements (TER et LGV) et de la création d'une gare nouvelle et mesures proposées

La création de l'interconnection Ligne nouvelle / Ligne classique à hauteur de Creusot TGV comprend :

- Une gare TER disposant de 4 voies à quai (permettant la station simultanée de TER rapides Dijon / Nevers dans les deux sens doublant des TER locaux Chalon-sur-Saône / Le Creusot dans les deux sens, la nouvelle gare TER étant un nœud dans le cadencement TER de la Bourgogne, et une voie en tiroir pour les navettes Montchanin – Paray – Dijon) ;
- Un raccordement : une infrastructure à double voie permettant de relier cette nouvelle gare TER d'une part, à l'Ouest de l'ancien BV d'Ecuisses d'autre part ;
- L'électrification du nouveau raccordement décrit ci-dessus et de la voie travaux actuelle, entre le sud de la gare TGV du Creusot et la gare de Montchanin ville, son adaptation au trafic voyageur, et son raccordement à la double voie Dijon / Nevers à l'entrée est de la gare de Montchanin Ville.

Les figures ci-dessous présentent les 2 variantes analysées, gare à l'Est et gare à l'Ouest.



Vis-à-vis des enjeux environnementaux, les éléments discriminants restent modérés. Il existe bien un effet d'emprise pour la variante gare à l'ouest mais cela reste plus limité que pour la variante gare à l'Est. La variante Ouest apparaît plus favorable en termes d'intégration au sein des boisements et de préservation d'une habitation (La Grande Bondé).

La voie en tiroir placée en gare du Creusot-ville ne présente pas d'impact environnemental majeur. Les aménagements réalisés restent limités aux emprises ferroviaires, et ne débordent pas de l'emplacement de la gare actuelle.

Le programme d'opération est estimé à :

- déplacement d'un signal de la voie 2,
- création de 2 communications transversales,
- reprise de la voie en tiroir 3 (RVB et assainissement).

Les enjeux environnementaux seront donc modérés, voire nuls.

#### 4.4 Analyse de l'impact environnemental du raccordement TGV strict

##### 4.4.1.1 Incidences acoustiques du projet

###### ▪ Réglementation applicable

La réglementation acoustique relative au bruit des infrastructures ferroviaires (arrêté du 8 novembre 1999 et articles R571-44 à R571-52 du livre V du Code de l'Environnement) indique, entre autres, les seuils de niveaux sonores à respecter dans le cadre de la création d'une nouvelle infrastructure ferroviaire.

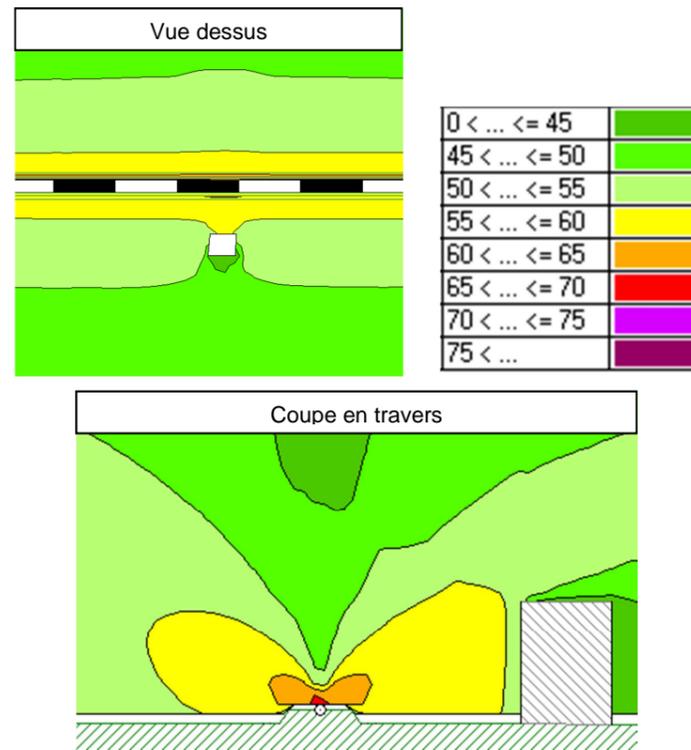
Le site d'implantation du projet est situé en zone rurale. Hormis des routes faiblement circulées, il n'y a pas de source sonore importante existante à proximité des riverains du projet. Le secteur d'étude est donc considéré en zone d'ambiance sonore préexistante modérée. **Le projet devra donc respecter un seuil acoustique réglementaire en façade des bâtiments riverains de 63 dB(A) sur la période jour (6h-22h).**

###### ▪ Analyse acoustique à dire d'expert

Une analyse « à dire d'expert » est effectuée pour évaluer l'impact acoustique de la nouvelle ligne ferroviaire. Les figures suivantes montrent l'impact sonore qui pourrait être perçu en façade d'un bâtiment situé à 10 m de la voie ferrée.

La création de cette nouvelle infrastructure présente, quelle que soit la variante :

- Un effet d'emprise sur des terres agricoles et des zones boisées. A noter que ces secteurs ne bénéficient pas de zone d'inventaire ou de protection. La surface de boisement impactée par la variante Est est plus élevée et concerne plus de parcelles boisées différentes que la variante Ouest. Cette dernière présente une insertion plus favorable à ce niveau (BV et parking détruits et remplacés plus à l'Ouest, mais dans une zone d'activité déjà établie).
- Un effet de coupure du territoire :
  - Coupure de 3 voies de communication, qui seront rétablies (ouvrage d'art, viaduc, saut de mouton) ;
  - Corridor de déplacement de la faune au sein du boisement forestier.
- Une incidence vis-à-vis du patrimoine, le raccordement étant localisé dans le périmètre de protection de l'ancienne tuilerie Perrusson. Toutefois sur ce secteur, le profil en long de la voie ferrée ne devrait pas être trop marqué.
- Un impact sur le bâti :
  - Impact direct : la variante Est présente une incidence directe sur une habitation individuelle localisée au lieu-dit « la grande Bondé », tandis que la variante Ouest concerne le bâtiment de la gare ferroviaire existante.
  - Nuisance sonore : la variante Ouest qui s'éloigne plus des habitations (hameaux Bois de Fauchés et La Grande Bondé) sera plus favorable.



Impact acoustique d'une voie ferrée circulée par 6 TGV à 120 km/h le jour (6h-22h)

Les niveaux sonores en façade du bâtiment sont inférieurs à 60 dB(A) le jour. Le seuil réglementaire de 63 dB(A) est donc respecté. Le trafic prévu sur le barreau de liaison ferroviaire au Creusot est donc trop faible pour impacter les bâtiments situés à plus de 5m de la voie ferrée.

En cas de circulation de 10 TGV dans la journée (soit 5 AR), le niveau sonore reste encore inférieur à 60 dB(A). Là encore, le seuil réglementaire de 63 dB(A) est respecté.

**Réglementairement, aucune protection acoustique n'est à prévoir.**

## 5 Annexes

### 5.1 Electrification en Bourgogne et Franche-Comté

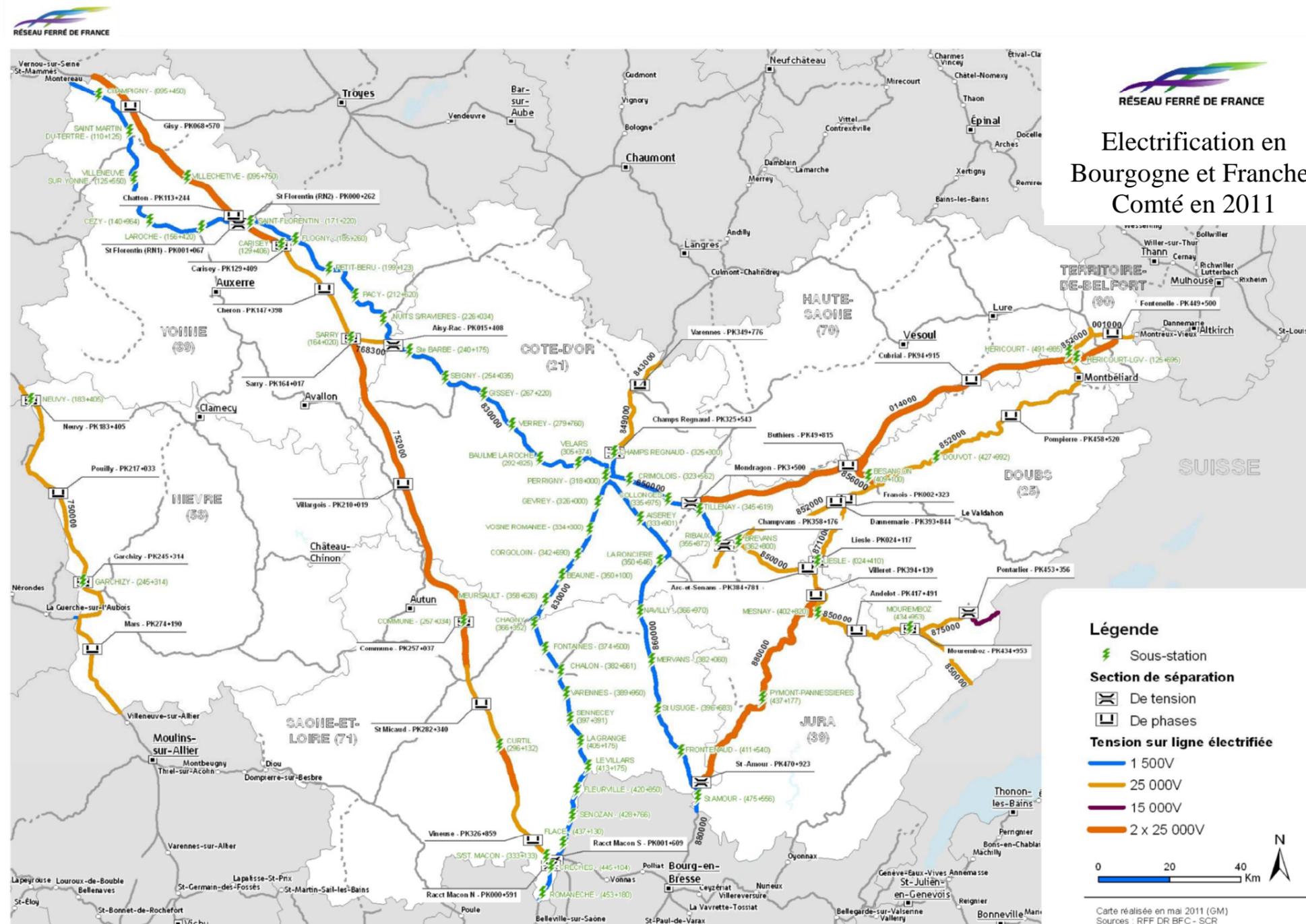


Figure 62 : Carte d'électrification du réseau ferré de Bourgogne et Franche-Comté 2011



5.2 Tableau des données ouvrages d'art

| Point métrique                            | Relevé Elise | plan technique | PV |
|---|--------------|----------------|----|
| 2075                                      | x            | x              |    |
| 2685                                      |              | x              |    |
| 3005                                      |              |                |    |
| 3956                                      |              |                |    |
| 7979                                      |              |                |    |
| 8367                                      |              |                |    |
| 8942                                      | x            | x              |    |
| 14584                                     | x            | x              |    |
| 20523                                     |              | x              |    |
| 22255                                     |              | x              |    |
| 25066                                     | x            | x              |    |
| 26037                                     | x            | x              |    |
| 27044                                     | x            | x              |    |
| 37876                                     |              |                |    |
| 38544                                     | x            |                |    |
| 70899                                     | x            | x              |    |
| 74004                                     | x            | x              |    |
| 83318                                     | x            |                |    |
| 85472                                     | x            | x              |    |
| 88165                                     | x            | x              |    |
| 92700                                     | x            |                |    |
| 93917                                     |              |                |    |
| 119356                                    | x            |                |    |
| 103661                                    | x            |                |    |
| 104045                                    | x            |                |    |
| 104045                                    | x            |                |    |
| 105738                                    | x            |                |    |
| 125744                                    | x            |                | x  |
| 126796                                    | x            |                |    |
| 127598                                    | x            |                |    |
| 127620                                    | x            |                |    |
| 132830                                    | x            |                |    |
| 134265                                    | x            |                |    |
| 134803                                    | x            |                |    |
| 134945                                    | x            |                |    |
| 138593                                    | x            |                |    |
| 160376                                    | x            |                |    |
| 161581                                    | x            |                |    |
| les Pk ne correspondent pas au mètre près |              |                |    |

| Point métrique | Plan technique | PV d'inspection |
|----------------|----------------|-----------------|
| 3334           | x              | x               |
| 3509           |                | x               |
| 4727           |                | x               |
| 4811           |                | x               |
| 4811           |                |                 |
| 5207           |                | x               |
| 5644           |                | x               |
| 6308           | x              | x               |
| 10884          |                | x               |
| 12029          |                | x               |
| 12729          |                | x               |
| 13018          |                | x               |
| 13628          |                | x               |
| 14690          |                | x               |
| 14840          |                | x               |
| 15032          |                | x               |
| 15454          |                | x               |
| 16671          | x              | x               |
| 17465          |                | x               |
| 17466          |                | x               |
| 18209          |                | x               |
| 19063          |                | x               |
| 23469          |                | x               |
| 24330          |                | x               |
| 25500          |                | x               |
| 28270          |                | x               |
| 32147          |                | x               |
| 33980          |                | x               |
| 34316          |                | x               |
| 34578          |                | x               |
| 35364          |                | x               |
| 35996          |                | x               |
| 36032          |                | x               |
| 36832          |                | x               |
| 37088          |                | x               |
| 39471          | x              |                 |
| 39843          | x              |                 |
| 42299          |                | x               |
| 45076          |                | x               |

Figure 63 : Liste des données d'entrée pour les PRO (Source FICOA, 31/12/09)

| Point métrique | Plan technique | PV d'inspection |
|----------------|----------------|-----------------|
| 46539          |                | x               |
| 48730          |                | x               |
| 50808          |                | x               |
| 51250          |                | x               |
| 57895          |                | x               |
| 58340          |                | x               |
| 60662          |                | x               |
| 60959          |                | x               |
| 61149          |                | x               |
| 61403          |                | x               |
| 62101          | x              | x               |
| 62101          |                |                 |
| 65693          |                | x               |
| 69647          |                | x               |
| 69692          |                | x               |
| 71300          | x              | x               |
| 71300          |                |                 |
| 71827          | x              | x               |
| 71827          |                |                 |
| 72877          |                |                 |
| 73718          | x              | x               |
| 73718          |                |                 |
| 74087          |                | x               |
| 74087          |                |                 |
| 74837          |                | x               |
| 76183          | x              | x               |
| 76880          |                | x               |
| 77971          | x              | x               |
| 77971          |                |                 |
| 78489          | x              | x               |
| 78489          |                | x               |
| 79016          |                | x               |
| 80235          |                | x               |
| 82216          |                | x               |
| 82866          |                | x               |
| 84133          |                | x               |
| 85053          |                | x               |
| 85938          |                | x               |
| 87192          |                | x               |
| 88498          |                | x               |
| 89053          |                | x               |
| 89594          |                |                 |
| 90195          |                |                 |
| 90792          |                |                 |
| 92053          |                |                 |
| 96976          |                |                 |
| 99089          |                |                 |

| Point métrique | Plan technique | PV d'inspection |
|----------------|----------------|-----------------|
| 104859         |                | x               |
| 110601         |                |                 |
| 110943         |                |                 |
| 113161         |                |                 |
| 114786         |                |                 |
| 119066         |                |                 |
| 119439         |                |                 |
| 121695         |                |                 |
| 121756         |                |                 |
| 122761         |                |                 |
| 123046         |                |                 |
| 123220         |                |                 |
| 127563         |                |                 |
| 128402         |                |                 |
| 130017         |                |                 |
| 130643         |                |                 |
| 130848         |                |                 |
| 130930         |                |                 |
| 133224         |                |                 |
| 135989         |                | x               |
| 136699         |                |                 |
| 137987         |                |                 |
| 139120         |                |                 |
| 139144         |                |                 |
| 139910         |                |                 |
| 140360         |                |                 |
| 140735         |                |                 |
| 145662         |                |                 |
| 146677         |                |                 |
| 147544         |                |                 |
| 148983         |                |                 |
| 150602         |                |                 |
| 152252         |                |                 |
| 155645         |                |                 |
| 156386         |                |                 |
| 157349         |                |                 |
| 158170         |                |                 |
| 158511         |                |                 |
| 161278         |                |                 |
| 161418         |                |                 |
| 161787         |                |                 |
| 162235         |                |                 |
| 162235         |                |                 |

Tableau 20 : Liste des données d'entrée pour les PRA

### 5.3 Enjeux environnementaux des zones d'implantation des sous-stations

