

Rapport n° 015601-01
juillet 2024

Expertise des coûts de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Luc Nguyen - IGEDD
Arnaud Zimmermann – IGEDD
(coordonnateur)

<https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/>



Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la rédaction de ce rapport

Statut de communication	
<input type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input checked="" type="checkbox"/>	Communicable

Sommaire

Sommaire	3
Résumé	5
Liste des conclusions	7
Introduction	9
1 Un projet d'électrification étudié à partir des années 2000 et une réalisation en deux phases décidée en 2015	10
1.1 La première phase a été mise en service en 2022	11
1.2 Les études de projet de la seconde phase s'achèvent en 2024	11
2 Une multiplicité d'évènements a contribué au dépassement de budget et aux décalages de calendrier de la phase 2	12
2.1 Le protocole financier de septembre 2016 se base sur des études d'avant-projet (AVP) anciennes et insuffisamment précises	15
2.2 Les conséquences financières du phasage, à partir des études d'avant-projet d'une opération unique, ont été mal appréhendées.....	15
2.3 Le dire d'expert (avril 2023) est une estimation financière intermédiaire qui vient quantifier et éclairer les évolutions prévisibles de coût significatives de la phase 2...	18
2.4 Au terme des études de projet livrées en mai 2024, le coût prévisionnel a été réévalué significativement à la hausse par rapport au montant prévisionnel du protocole financier (+ 87%).....	20
2.5 Le tableau de synthèse fait ressortir une série de postes clés dont les coûts ont évolué à la hausse par rapport aux estimations de l'AVP et du protocole financier ...	21
3 L'analyse détaillée du coût prévisionnel du projet	22
3.1 La méthodologie et les facteurs limitants de l'analyse	22
3.2 Des modalités de réalisation qui ont évolué significativement depuis les études d'avant-projet	22
3.3 Les trois principaux postes qui portent le coût prévisionnel paraissent correctement évalués.....	23
3.3.1 La traction électrique : les équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALE) et les caténaires.....	25
3.3.2 Les ouvrages d'art et les ouvrages en terre	26

3.3.3 Les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires	29
3.4 Les autres postes : signalisation, voie, télécommunications.....	31
3.4.1 Le programme fonctionnel et technique	31
3.4.2 Le coût de référence de l'AVP.....	32
3.4.3 L'analyse des coûts du PRO	32
3.5 La provision pour risques issue du PRO se fonde sur une analyse de risque fine, exhaustive et documentée selon un référentiel	33
3.6 Les coûts de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage sont calculés par agrégation en fonction des travaux à réaliser issue d'une approche « bottom-up » et paraissent correctement valorisés	34
Conclusion.....	38
Annexes	39
Annexe 1. Lettre de mission.....	40
Annexe 2. Liste des personnes rencontrées	42
Annexe 3. Glossaire des sigles et acronymes.....	47
Annexe 4. Programme fonctionnel et estimation financière de l'avant-projet validé par le comité de pilotage du 12 février 2012	48
Annexe 5. Estimations détaillées de l'avant-projet.....	52
Annexe 6. Électrification de la ligne Paris-Troyes – Phase 1.....	59
Annexe 7. Financements des ouvrages d'art de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes	61
Annexe 8. Dossier d'organisation de la MOE Travaux	62

Résumé

La première étude d'avant-projet de l'électrification de la ligne Paris-Troyes a été réalisée entre 2001 et 2003, puis actualisée entre 2009 et 2011. La déclaration d'utilité publique de l'opération a été prononcée le 27 janvier 2014, mais le projet n'a pu être lancé par manque de financement, amenant à une décision de réalisation du projet en deux phases en 2015.

Un protocole relatif au financement des deux phases de travaux d'électrification a été signé le 13 septembre 2016 par l'État et les collectivités locales des régions Ile-de-France et Grand Est intéressées au projet, portant sur un l'engagement global de 242 M€₂₀₁₀ (320 M€ courants) et avec une hypothèse de réalisation de l'ensemble des travaux de 2016 à 2022.

La première phase a consisté en l'électrification de la section Gretz – Longueville - Nogent-sur-Seine et l'antenne Longueville – Provins, ainsi que le renouvellement du poste de signalisation de Romilly-sur-Seine et les travaux sur quelques ouvrages d'art sur la section devant être électrifiée en seconde phase. La première phase été mise en service en septembre 2022 avec un coût à terminaison évalué à 174 M€₂₀₁₀, en dépassement de 24% par rapport au montant de 140 M€₂₀₁₀ inscrit dans le protocole de financement pour cette première phase.

Les études de projet de la seconde phase n'ont débuté qu'en 2021, faute d'engagement financier plus tôt. A la demande des financeurs, le maître d'ouvrage, SNCF Réseau, a optimisé la durée de réalisation des études et intégré des mesures d'accélération des travaux. Il en résulte une mise en service prévisionnelle de la seconde phase en août 2028.

Les études de projet ont été finalisées par SNCF Réseau à la mi-mai 2024 et elles établissent un coût prévisionnel de 190 M€₂₀₁₀, en dépassement de 86% par rapport au montant de 102 M€₂₀₁₀ inscrit dans le protocole de financement pour cette seconde phase. SNCF Réseau avait informé dès mai 2023, au cours des études de projet, de cette forte évolution du coût prévisionnel.

L'objectif de la mission est d'apporter d'une part une explication de l'origine des écarts de coûts par rapport au protocole financier de 2016 et d'autre part une assurance raisonnable quant à la robustesse de la méthodologie retenue et la fiabilité des estimations de coûts résultant des études de projet.

Les travaux de la mission font apparaître que les coûts prévisionnels de la seconde phase, qui ont été arrêtés en 2015 sur la base des études d'avant-projet de 2011, n'ont pas été établis avec un niveau de fiabilité satisfaisant, ni discutés entre les partenaires lors de l'établissement du protocole. Le protocole ne comprend aucune répartition détaillée du coût prévisionnel entre les deux phases, ce qui a obligé la mission à le reconstituer et faire des hypothèses pour avoir un cadre de référence pouvant servir de base de comparaison ; il n'en résulte qu'une possibilité d'analyse approximative et partielle des écarts entre les estimations de l'avant-projet et du projet.

Par ailleurs, les études d'avant-projet, réalisées avant le phasage de l'opération, sont anciennes et comportent des insuffisances structurelles : une sous-estimation globale (déjà constatée sur la première phase de l'opération), liée à l'organisation et aux méthodes de travail de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre en 2011 ; des lacunes sur les données géotechniques, particulièrement impactantes pour le périmètre de la seconde phase, puisqu'elles ont remis en cause des solutions techniques étudiées en avant-projet.

Ainsi, bien que le programme fonctionnel de l'opération soit sensiblement identique à celui de l'avant-projet, le coût prévisionnel de réalisation de la seconde phase, résultant des études de projet, intègre des évolutions significatives, par rapport à l'avant-projet et aux conditions de réalisation sous-jacentes du protocole de financement, et qui sont des facteurs explicatifs de l'augmentation du coût prévisionnel :

- Les travaux de la seconde phase sont réalisés après la mise en service de la première phase, alors qu'ils devaient être en partie concomitants avec ceux de la première phase ; afin d'accélérer leur réalisation à la demande des financeurs, des fermetures estivales sont prévues en 2025, 2026

et 2027, en complément des travaux de nuit ; ceci pèse en particulier sur les prestations de sécurité et de logistiques ferroviaires ;

- La prise en compte des résultats des sondages géotechniques montrant des caractéristiques particulièrement défavorables dans de nombreux cas (notamment plus défavorables que pour la première phase) ; ceci a conduit à devoir reconsidérer le type d'interventions prévues pour dégager le gabarit des ouvrages d'art, qui doivent *in fine* faire l'objet d'une démolition et reconstruction à neuf pour plus de la moitié d'entre eux, alors qu'aucune intervention de cette nature n'était prévue ; cela a également induit, dans une moindre mesure, un renchérissement du génie civil des poteaux caténaux.

SNCF Réseau a fait des efforts notables pour limiter les impacts de ces évolutions sur le coût prévisionnel. Il a ainsi optimisé le projet (schéma d'alimentation électrique, signalisation...) et surtout pris en charge une partie des travaux dans le cadre de programmes de régénération : 7,8 M€₂₀₁₀ pour les ouvrages d'art ; 6,9 M€₂₀₁₀ pour le remplacement des câbles de signalisation ; 0,3 M€₂₀₁₀ pour l'aménagement des voies du terminus provisoire de Nogent-sur-Seine.

L'estimation du coût prévisionnel de réalisation, résultant des études de projet, apparaît robuste et établie avec le niveau de fiabilité attendu des processus et référentiels de la démarche « Excellence Projet » mise en place par SNCF Réseau depuis 2016.

La mission n'a pas identifié de coûts induit imputés à l'opération. Il convient toutefois de noter que la mise en place des substitutions routières pendant les fermetures estivales n'apparaît pas dans le coût prévisionnel de réalisation expertisé.

Liste des conclusions

Conclusion 1. Les méthodes et référentiels utilisés en 2011 pour les études d'avant-projet et le niveau insuffisant de connaissances géotechniques (permettant de contextualiser la nature de certains travaux) constituent un premier facteur explicatif de l'augmentation des coûts de la phase 2. Les études d'avant-projet ne peuvent ainsi pas être considérées comme une base de référence fiable et n'ont d'ailleurs été que partiellement reprises par SNCF Réseau pour la réalisation, à partir de 2021, des études de projet. 15

Conclusion 2. Le surcoût mal appréhendé du phasage de l'opération et le découpage financier, insuffisamment étayé, de chacune des deux phases, sur les données initiales de l'avant-projet prévoyant une réalisation du projet dans son ensemble, constituent le deuxième facteur explicatif de l'augmentation des coûts de la phase 2. 17

Conclusion 3. Le dire d'experts fait ressortir trois postes principaux qui subissent des évolutions significatives : la traction électrique (équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALÉ) et caténaires), les ouvrages d'art et les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires. 19

Conclusion 4. Les études de projet confirment globalement les estimations du dire d'experts. Les études de projet s'appuient sur la démarche « Excellence projet » de SNCF Réseau, lancée en 2016, qui repose sur l'utilisation de différents référentiels et guides. Le niveau de détail et de structuration de ces référentiels, ainsi que leur appropriation par les équipes chargées de leur mise en œuvre, permettent de fiabiliser le niveau des estimations. Ils constituent une assurance raisonnable sur la robustesse des études et des coûts prévisionnels qui en résultent..... 20

Conclusion 5. Le poste « Traction électrique » s'élève à 69,2 M€, soit + 70 % par rapport à la référence de l'avant-projet et du phasage. En ne tenant pas compte de la sous-station de Saint-Mesmin, équipement singulier du projet, le coût kilométrique de la phase 2 est supérieur de 16% à celui de la phase 1. Le surcoût du génie civil des poteaux caténaires, lié à la mauvaise qualité des sols, n'explique que partiellement cet écart. 26

Conclusion 6. Le poste « ouvrage d'art et en terre » s'élève à 35,9 M€₂₀₁₀, à comparer à une estimation de référence de l'avant-projet et du phasage de 10 M€₂₀₁₀, après réajustement par la mission. Cette augmentation s'explique essentiellement par deux composantes : une forte sous-estimation du poste (d'un facteur 2) dans les études d'avant-projet, comme cela a été constaté sur la première phase ; un renchérissement des interventions (d'un facteur 1,7) à la suite des reconnaissances géotechniques. Enfin, SNCF Réseau a déduit du montant financé par le projet sa contribution de 7,8 M€₂₀₁₀ au titre de la régénération et correspondant aux investissements érudés. 29

Conclusion 7. Le poste relatif aux « prestations de sécurité et logistique ferroviaires » s'élève à 34,0 M€₂₀₁₀, soit une multiplication par plus de deux par rapport à la référence de l'avant-projet et du phasage. Au niveau de l'avant-projet, ces prestations n'ont pas été détaillées, mais uniquement quantifiées financièrement à partir de pourcentages des montants de travaux à réaliser (sachant que cette approche n'est aujourd'hui plus utilisée par SNCF Réseau pour les opérations de plus de 15 M€). Au niveau du projet, elles ont été définies très précisément sur la base des chantiers élémentaires, de leur localisation et du nombre d'équipes à encadrer. Par ailleurs, l'organisation des travaux retenue in fine (avec notamment des fermetures estivales de la ligne pour accélérer leur réalisation à la demande des financeurs) nécessite plus de moyens en sécurité et logistique ferroviaires que celle envisagée lors de l'avant-projet..... 31

Conclusion 8. Les postes « signalisation, voie et télécommunications » s'élèvent à 9,6 M€₂₀₁₀, soit une diminution de 30% par rapport à l'estimation de l'avant-projet et du phasage. Cette diminution est due essentiellement à une division par presque 4 du poste principal relatif à la signalisation, en raison de la prise en charge par SNCF Réseau du remplacement des câbles

(câbles non marqués) pour un montant de 6,9 M€₂₀₁₀, dans le cadre d'un programme national d'éradication des câbles et installations de signalisation vétustes, dont les travaux sont anticipés à l'occasion de l'opération d'électrification de la ligne. 33

Conclusion 9. Au regard de la méthodologie utilisée, du travail d'identification exhaustif des risques, de leur cotation et du calcul d'un niveau de provision basé sur une granularité fine, la valorisation de la provision pour risque apparait à la mission comme robuste, fiable et correctement évaluée. 34

Conclusion 10. La mission estime que les moyens de MOE et MOA et les prévisions de coût associées sont robustes, étayées, contrôlées..... 35

Introduction

La première phase de l'électrification de la ligne ferroviaire entre Paris et Troyes a été mise en service en septembre 2022. Les études de projet de la seconde phase ont démarré en 2021 et le lancement des travaux est prévu en 2024.

Le maître d'ouvrage du projet, SNCF Réseau, a présenté en avril 2023 aux financeurs un coût estimatif à dire d'experts des travaux de la seconde phase d'environ 300 M€ courants. Ce montant est en très forte évolution (un quasi doublement en euros constants) par rapport au montant prévisionnel établi lors de la signature entre les partenaires d'un protocole d'accord financier portant sur l'ensemble de l'opération le 13 septembre 2016. Par ailleurs, le coût de réalisation de la première phase a également connu une augmentation (de l'ordre de 24 % en euros constants) par rapport au montant prévisionnel du protocole.

La présidente de la Région Île-de-France et le président de la Région Grand Est ont adressé le 27 juin 2023 un courrier commun au ministre délégué chargé des Transports afin de demander la réalisation par l'inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD) d'une expertise sur l'origine et la justification de la forte évolution du coût de la seconde phase du projet.

Le ministre délégué chargé des Transports a répondu favorablement à leur demande et a adressé le 29 février 2024 au chef de service de l'IGEDD la lettre de commande afférente (cf. Annexe 1).

La mission a démarré en mars 2024 avec des contraintes fortes de délais. Afin de pouvoir tenir le calendrier de réalisation souhaité et validé par les financeurs, le plan de financement des travaux de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes doit être validé en septembre 2024, avec la mise en place de la première convention de financement des travaux¹. Les conclusions de la mission sont ainsi attendues pour la mi-juillet, sachant que les études de projet ont été finalisées par SNCF Réseau et mises à disposition de la mission à la mi-mai.

Compte-tenu du délai imparti et du haut niveau de technicité des différentes composantes du projet, la mission n'a pas effectué de contre-expertise (i.e un contrôle détaillé) des études de projet qui ont été fournies au terme de 31 mois de réalisation.

L'objectif de la mission est d'apporter :

- une explication de l'origine des écarts de coûts par rapport au protocole financier de 2016 ;
- une assurance raisonnable quant à la robustesse de la méthodologie retenue et la fiabilité des résultats des estimations de coûts résultant des études de projet.

Encadré 1 : les dates de valeur des montants mentionnés dans le rapport

Les montants expertisés sont établis aux conditions économiques de juin 2010 (CE 06/2010), sauf mention explicite contraire.

¹ Hors travaux préparatoires déjà financés

1 Un projet d'électrification étudié à partir des années 2000 et une réalisation en deux phases décidée en 2015

La ligne ferroviaire Paris-Troyes est l'une des dernières lignes en partance de l'Ile-de-France à ne pas être entièrement électrifiée, imposant une traction diesel au-delà de Gretz-Armainvillers. Si le projet d'électrification jusqu'à Troyes a été esquissé dès le début des années 1980, la première étude d'avant-projet (AVP) a été réalisée entre 2001 et 2003.

L'AVP a été actualisé entre 2009 et 2011. L'enquête publique a été réalisée en 2013 et la déclaration d'utilité publique prononcée le 27 janvier 2014. Le projet n'a pu cependant être lancé par manque de financement. En 2015, il a été retenu une réalisation du projet en deux phases², en s'appuyant sur les propositions d'un rapport du conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD)³. Ce phasage a permis d'engager les financements de la première phase dans le cadre du contrat de plan Etat-Région (CPER) 2015-2020, avec la perspective de mobiliser les financements des CPER suivants pour la seconde phase.

Figure 1 : carte du phasage de l'électrification de la ligne Paris-Troyes



Un protocole relatif au financement des travaux d'électrification des deux phases a été signé le 13 septembre 2016 par l'État et les collectivités locales des régions Ile-de-France et Grand Est intéressées au projet ; il porte sur un montant global de 320 M€ courants, réparti à parité entre les financeurs des deux régions. L'hypothèse retenue était une réalisation de l'ensemble des travaux de 2016 à 2022.

² Proposition approuvée par le Secrétaire d'Etat chargé des Transports, de la Mer et de la Pêche dans son courrier du 18 juin 2015 et entérinée par le comité de pilotage de l'opération le 5 octobre 2015.

³ Rapport n°010187-01 : Financement d'une première phase de l'électrification de la ligne ferroviaire Paris-Troyes

Tableau 1 : Montants des phases 1 et 2 de l'opération d'électrification de la ligne Paris-Troyes

Phase 1	140 M€ ₂₀₁₀	179 M€ _{courants}
Phase 2	102 M€ ₂₀₁₀	141 M€ _{courants}
TOTAL	242 M€ ₂₀₁₀	320 M€ _{courants}

Source : protocole relatif au financement des travaux d'électrification de la ligne Paris-Troyes

1.1 La première phase a été mise en service en 2022

La première phase porte sur l'électrification de la section Gretz – Longueville - Nogent-sur-Seine et l'antenne Longueville – Provins, ainsi que le renouvellement du poste de signalisation de Romilly-sur-Seine et les travaux sur quelques ouvrages d'art sur la section devant être électrifiée en seconde phase. Les études de projet (PRO) de cette première phase ont été conduites de décembre 2016 à janvier 2019 ; à l'issue de celles-ci, le budget prévisionnel de la première phase de l'opération a été révisé à la hausse (de 140 M€₂₀₁₀ à 159,6 M€₂₀₁₀) et la date prévisionnelle de mise en service annoncée pour fin 2021. Au cours du chantier, le maître d'ouvrage a informé de plusieurs dépassements financiers en raison de divers aléas (dont la crise sanitaire Covid 19), aboutissant à une estimation à terminaison de 174 M€₂₀₁₀. En parallèle, la mise en service a été décalée à septembre 2022.

1.2 Les études de projet de la seconde phase s'achèvent en 2024

Les études de projet (PRO) de la seconde phase n'ont débuté qu'en 2021, faute d'engagement financier plus tôt. Elles ont dû intégrer une actualisation des études d'avant-projet datant de 2011 et dont certaines données ont été jugées obsolètes par le maître d'ouvrage. A la demande des financeurs, ce dernier a optimisé la durée de réalisation des études pour la réduire de 37 à 31 mois et intégré des mesures d'accélération des travaux. L'ensemble de ces événements a décalé la mise en service à août 2028 (alors que le protocole mentionnait l'achèvement de l'ensemble des travaux pour 2022). Les études de projet ont été finalisées par le maître d'ouvrage à la mi-mai 2024.

Le maître d'ouvrage avait informé, au 1^{er} semestre 2023, les financeurs de l'augmentation très significative du coût de réalisation de la seconde phase. Il a organisé en mai 2023 un atelier où ont été présentés les différents surcoûts à dire d'experts, détaillés selon douze postes (foncier ; ouvrages d'art ; équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALÉ) et caténaires ; etc.) et comparés aux montants correspondants du protocole de financement de 2016. À date, l'estimation prévisionnelle de réalisation de la seconde phase s'établissait à 190,6 M€₂₀₁₀, à comparer au montant de 102 M€₂₀₁₀ inscrit au protocole. Tenant compte du décalage de la mise en service de 2022 à août 2028 et de l'évolution des taux d'actualisation, le coût prévisionnel atteindrait 306,9 M€_{courants}.

Le maître d'ouvrage a présenté en juin 2024 les estimations issues des études de projet aux financeurs. Le coût prévisionnel de réalisation s'établit à 190,4 M€₂₀₁₀ et 272,8 M€_{courants}.

2 Une multiplicité d'évènements a contribué au dépassement de budget et aux décalages de calendrier de la phase 2

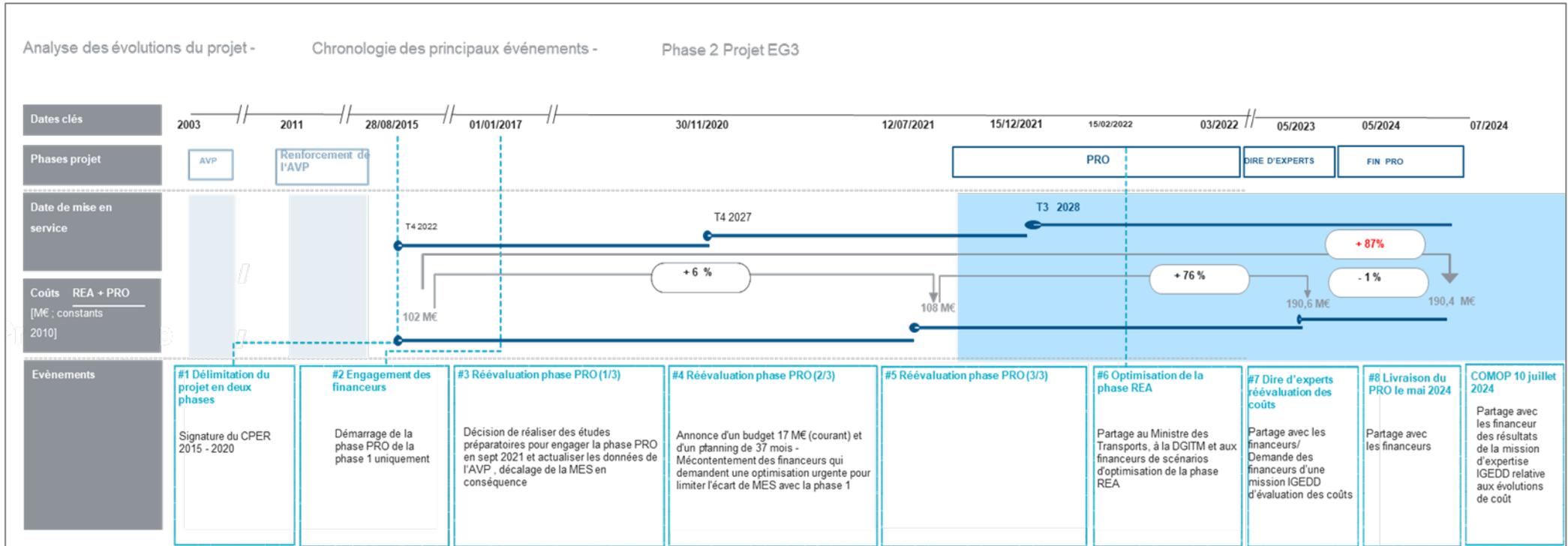
Le découpage du projet en deux phases et l'engagement partiel des financeurs en 2017 (sur les études PRO de la phase 1 uniquement) a décalé le calendrier de la phase 2 du projet en retardant son démarrage, les études PRO phase 2 n'ayant pu débuter qu'en 2021.

La date de mise en service est maintenant prévue en août 2028, soit six ans de plus que la date de 2022 prévue dans le protocole de financement de 2016.

Le coût prévisionnel du projet à l'issue des 31 mois d'étude de la phase PRO est en évolution significative, passant de 102 M€ à 190,4 M€ aux conditions économiques de 2010.

La chronologie et l'ensemble des évènements ayant contribué aux évolutions de coût et de calendrier sont synthétisés dans les figures 1 et 2 ci-après.

Figure 2 : Chronologie des principaux évènements liés aux dépassements de budget et décalage de calendrier de la phase 2



Source : Cabinet Roland Berger (annexe du rapport IGEDD n°014167-01) – Traitement : mission

Figure 3 : Descriptif des principaux évènements identifiés (Phase 2)

Projet Paris Troyes – EG3				
#	Evènement	Description et explications	Impact planning	Impact budget vs. 12/2016 € CE 2010
1	Découpage du projet en deux phases Signature du CPER - 08/2015	Signature du Contrat Projet Inter Régions Champagne Ardenne 2015 - 20 : fixation des modalités de participation de l'Etat et découpage du projet en deux phases après recommandations du CGEDD		
2	Absence d'engagement des financeurs Début 2017	Absence d'engagement des financeurs sur la phase 2 en raison de difficultés de financement de la phase 1 - division en deux tranches et signature d'un avenant pour pallier le manque de financement de l'Etat	Phase décalée sans date de reprise	
3	Réévaluation phase PRO (1/3) COPIL 30 novembre 2020	Objectif d'engager la phase PRO en 2021 avec la réalisation d'études préliminaires pour affermir les estimations de budgets et de délais de la phase 2 en actualisant l'AVP de 2011 - Actualisation de la date de mise en service avec le décalage de la phase PRO	+ 4 ans	(8 M€ déjà inclus)
4	Réévaluation phase PRO (2/3) COMOP 12 juillet 2021	Estimation du budget de la phase PRO à 17M € (courant) et d'une durée de 37 mois Mécontentement des financeurs qui demandent une optimisation urgente et un éclairage sur le planning de la phase PRO pour limiter l'écart de MES avec la phase 1		Chiffrage non définitif après demande des financeurs d'une optimisation
5	Réévaluation phase PRO (3/3) COMOP 15 décembre 2021	Présentation de l'optimisation de la phase PRO : coûts réduits à 16,75 € (14 M€ aux CE 2010) et gain de 6 mois dans la réalisation de 37 à 31 mois Estimation de la mise en service à T3 2029 et annonce de la nécessité de terminer la phase PRO pour présenter une actualisation du budget aux financeurs, qui atteindra un montant très supérieur à l'estimation initiale	+ 3 ans Phase PRO : - 6 mois	+ 6 M€ Phase PRO : - 0,25 M
6	Optimisation de la phase REA Février 2022	Partage à la DGITM et aux financeurs de 4 scénarios d'optimisation de la mise en service de la phase REA (de juin 2029 à juillet 2027) selon la durée d'interruption de circulation sur la ligne et le nombre d'équipes de travaux mobilisées	Gain de temps allant jusqu'à 2 années (T3 2027)	Pas de chiffrage de l'impact budgétaire – en attente du choix du scénario
7	Dire d'expert Avril 2023	Partage à la DGITM et aux financeurs d'une estimation intermédiaire à dire d'expert avant la fin des études PRO présentant des évolutions de coût importantes		+ 87 %
8	Etudes PRO Mai 2024	Partage au ministre chargé des transports, à la DGITM et aux financeurs du coût prévisionnel du projet à l'issue de la fin du PRO		+ 87 %

Source : Cabinet Roland Berger (annexe du rapport IGEDD n°014167-01) – Traitement : mission

2.1 Le protocole financier de septembre 2016 se base sur des études d'avant-projet (AVP) anciennes et insuffisamment précises

Le protocole financier de septembre 2016 se base sur les études d'avant-projet de 2011 et le coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR) aux conditions économiques de juin 2010 qui en est issu. Le comité de pilotage du 12 février 2012 a validé le montant global de l'opération à 235 M€₂₀₁₀.

Ces études ont été externalisées et réalisées par le prestataire d'ingénierie Ingérop, mandaté par Réseau Ferré de France (RFF), maître d'ouvrage de l'opération. Elles présentent plusieurs limites par rapport aux études PRO de mai 2024 :

- Le décalage important entre la date de réalisation des études AVP en 2011 et la relance du projet et des études PRO à compter de 2021 les rendent en partie obsolètes, par rapport à des référentiels techniques de la maîtrise d'œuvre et d'organisation de la maîtrise d'ouvrage ; depuis 2016, SNCF Réseau met en œuvre la démarche « Excellence projet » (cf. encadré 2, partie 3.6).
- Les études AVP sont insuffisamment fiables, sous-estimant de nombreux postes, de l'avis même de la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre actuelle de SNCF Réseau.
- Les études AVP ne se sont pas appuyées sur des acquisitions de données qui auraient pu permettre une estimation plus contextualisée de la nature de certains travaux. L'absence d'acquisition de données a d'ailleurs aussi été identifiée comme un facteur d'évolution des coûts à la hausse de la phase 1 du projet, qui a été présentée aux financeurs.
- Depuis 2016 et la mise en œuvre de la démarche Excellence projet de SNCF Réseau, les méthodes et référentiels utilisés pour les estimations de coût prévoient, dès les phases d'étude préliminaire et d'avant-projet un poste d'acquisition de données important (sols, ouvrages d'art, contraintes techniques, etc.) afin de permettre une analyse plus étayée.

L'AVP de 2011 et le protocole financier de 2016 ne peuvent donc être utilisés que partiellement comme base comparative afin d'expliquer les évolutions de coûts.

La répartition par postes des études AVP de 2011 ne correspond d'ailleurs plus au découpage actuel utilisé par le dire d'experts de 2023 et les études PRO de 2024, ce qui rend d'autant plus difficile les comparaisons poste par poste.

Conclusion 1. Les méthodes et référentiels utilisés en 2011 pour les études d'avant-projet et le niveau insuffisant de connaissances géotechniques (permettant de contextualiser la nature de certains travaux) constituent un premier facteur explicatif de l'augmentation des coûts de la phase 2. Les études d'avant-projet ne peuvent ainsi pas être considérées comme une base de référence fiable et n'ont d'ailleurs été que partiellement reprises par SNCF Réseau pour la réalisation, à partir de 2021, des études de projet.

2.2 Les conséquences financières du phasage, à partir des études d'avant-projet d'une opération unique, ont été mal appréhendées

Les difficultés de financement du projet dans sa globalité ont conduit à une réalisation en deux phases se basant sur une proposition d'un rapport du CGEDD en 2015. Ce phasage rallongeait d'un an supplémentaire la durée des travaux, ce qui signifie implicitement que la réalisation des

deux phases était envisagée en partie concomitantes. Il se traduisait aussi par une augmentation du coût prévisionnel de 7 M€, passant de 235 M€₂₀₁₀ (AVP du projet réalisé dans son ensemble) à 242 M€₂₀₁₀ avec le phasage.

Les modalités du découpage financier ne sont pas précisément connues et la répartition détaillée par poste ne figure pas dans le protocole financier. Cette répartition a été fournie par SNCF Réseau (cf. Tableau 2) à la mission. Elle ne semble pas avoir fait l'objet d'une discussion et d'une validation par les financeurs lors de l'élaboration du protocole de financement. C'est cette répartition qui a été utilisée comme base de référence et de comparaison pour le dire d'experts de 2023.

Tableau 2: Répartition des coûts prévisionnels du projet entre la phase 1 et la phase 2

Electrification GRETZ TROYES Phase 1 TABLEAU DE SYNTHESE DES ESTIMATIONS AVP (CPPR)		Electrification GRETZ TROYES Phase 2 TABLEAU DE SYNTHESE DES ESTIMATIONS AVP (CPPR)	
Postes	CE juin 2010 - En € - Constant	Postes	CE juin 2010 - En € - Constant
FONCIER	468 000	FONCIER	486 200
1. AQUISITIONS DE DONNEES	0	1. AQUISITIONS DE DONNEES	0
2.INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES	88 149 392	2.INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES	68 596 211
Voies	371 000	Voies	942 000
Caténaires et EALE	57 622 165	Caténaires et EALE	41 380 261
Sous station de Coubert	3 034 080	Sous station de St Mesmin	7 524 000
Génie Civil et électrique sur IS	15 680 274	Génie Civil et électrique sur IS	16 618 951
Poste de Romilly	10 164 168		
Télécoms + radio	1 277 705	Télécoms + radio	2 131 000
3. GENIE CIVIL : Ouvrages d'Art, Ouvrages en terre	15 138 613	3. GENIE CIVIL : Ouvrages d'Art, Ouvrages en terre	7 147 177
4 Tunnel des BOUCHOTS	1 224 251		
5. LIBERATION D'EMPRISES	1 892 525	5. LIBERATION D'EMPRISES	1 615 000
PR (10%)	10 640 478	PR (10%)	7 735 839
MOE (13,56%)	15 871 337	MOE (13,56%)	11 538 777
Dépenses de MOA E1 (2%)	2 740 000	Dépenses de MOA E1 (2%)	1 900 000
Missions complémentaires E2	0	Missions complémentaires E2	0
MOAD (2,5%)	3 403 115	MOAD (2,5%)	2 475 480
MOA (0,5%)	494 487	MOA (0,5%)	507 473
MONTANT TOTAL PROJET :	140 022 198	MONTANT TOTAL PROJET :	102 002 158

Source : SNCF Réseau

L'analyse de la répartition des coûts prévisionnels entre les deux phases montre que le coût de la phase 2 issu du découpage est inférieur, potentiellement sous-estimé, par rapport à celui de la phase 1 (102 M€₂₀₁₀ pour la phase 2 contre 140 M€₂₀₁₀ pour la phase 1, soit - 27 %), lorsqu'il est ramené au coût kilométrique (59,5 km de voies doubles pour la phase 2 contre 76,5 km de voies double pour la phase 1 (soit -22%)). En appliquant ce pourcentage à la phase 1, la sous-estimation du montant de la phase 2 est de l'ordre de 7,2 M€₂₀₁₀.

Ce premier niveau d'analyse fait également ressortir deux postes pour lesquels les estimations en phase 2 par rapport à la phase 1 interrogent :

- la partie caténaire et EALE est estimée à 41,3 M€₂₀₁₀ en phase 2 contre 57,8 M€₂₀₁₀ en phase 1 (- 16,6 M€₂₀₁₀ en valeur, - 28,5%) ce qui est sensiblement équivalent ramené au kilomètre, alors même que la création d'une nouvelle sous-station en phase 2 est nécessaire et engendre un coût supplémentaire.

- la partie ouvrages d'art est estimée à 7,1 M€₂₀₁₀ en phase 2 contre 15,1 M€₂₀₁₀ en phase 1 (- 8 M€₂₀₁₀ en valeur, - 53%) alors que le ratio ouvrages d'art prévus phase 1/ phase 2 n'est que de 39/29 (-25,6%). En appliquant ce dernier pourcentage à la phase 1, la sous-estimation du montant de la phase 2 est de l'ordre de 3,2M€₂₀₁₀.

Les raisons de ces écarts n'apparaissent donc pas de manière évidente au regard des études AVP disponibles et nécessitent d'être approfondies (cf. partie 3).

Les équipes ayant réalisé les études AVP n'étant par ailleurs plus en place et la structure de SNCF Réseau en tant que société ayant changé, il y a eu une perte d'information et de traçabilité, compte tenu du décalage important entre le moment de réalisation de ces études AVP en 2009-2011 et la relance des études PRO en 2021.

SNCF Réseau reconnaît que les études d'AVP auraient certainement dû être reprises de manière à réactualiser les estimations financières lors du protocole financier de 2016 au risque de retarder le projet.

Conclusion 2. *Le surcoût mal appréhendé du phasage de l'opération et le découpage financier, insuffisamment étayé, de chacune des deux phases, sur les données initiales de l'avant-projet prévoyant une réalisation du projet dans son ensemble, constituent le deuxième facteur explicatif de l'augmentation des coûts de la phase 2.*

2.3 Le dire d'expert (avril 2023) est une estimation financière intermédiaire qui vient quantifier et éclairer les évolutions prévisibles de coût significatives de la phase 2

Le dire d'experts est un travail interne de SNCF Réseau, s'appuyant sur un à deux experts par grand poste projet (ouvrage d'art, traction électrique, sécurité et logistique etc.), représentant environ une équipe de 10 à 15 personnes complétée de trois à cinq personnes chargées de la consolidation et de l'estimation financière ; il a été réalisé en quelques semaines.

Son objectif était de permettre une actualisation réaliste des coûts de la phase 2, avant la fin des études PRO prévue pour mars 2024, afin de donner de la visibilité aux financeurs sur les évolutions de coût, qui apparaissaient depuis le début des études PRO en 2022, par rapport aux montants du protocole de 2016.

Les résultats de cette étude portant sur l'estimation des coûts de la REA de la phase 2 à dire d'experts ont été partagés par SNCF Réseau le 31 mai 2023 lors d'un atelier avec les co-financeurs.

L'estimation prévisionnelle de mars 2023 prévoit un montant total de **190,6 M€** aux conditions économiques de juin 2010, comparable au montant de **102,0 M€** du protocole de financement de 2016. Les évolutions de coût (cf. Tableau 3) sont significatives (+ 87%).

Tableau 3 : Comparaison entre l'estimation financière 2016 (document SNCF Réseau) et le dire d'experts 2023

Décomposition par postes CE 06/2010 (M€)	Estimation 2016 - document SNCF Réseau	Estimation prévisionnelle Mars 2023 – Dire d'experts	Évolution
Foncier	0,5 (0,5%)	2,7 (1,4%)	49%
Montant Brut Principal (MBP)	77,4 (75,8%)	146,2 (76,7%)	89%
Provisions pour Risques (PR)	7,7 (7,6%)	17,5 (9,2%)	26%
Maîtrise d'Œuvre (MOE)	11,5 (11,3%)	18,8 (9,9%)	63%
Maîtrise d'Ouvrage (MOA)	4,9 (4,8%)	5,4 (2,8%)	11%
TOTAL	102 (100%)	190,6 (100%)	87%

Source : SNCF Réseau

Décomposition MBP M€ aux CE 06/2010	Estimation 2016 - document SNCF Réseau	Estimation prévisionnelle Mars 2023 – Dire d'experts	Évolution
Acquisitions de données	-	0,4	
Voie	0,8 (0,8%)	1,5 (0,8%)	0,7 (87,5%)
Ouvrages d'art, en terre, hydraulique	6,3 (6,2%)	24,8 (13%)	18,5 (394%)
Signalisation	14,4 (14,1%)	17,4 (14,1%)	3 (21%)
Télécom, énergie	1,85 (1,8%)	2,7 (1,4%)	0,85 (46%)
EALE, caténaire	42,5 (42%)	61,4 (32,2%)	18,9 (44%)
Cours, Voiries, Bâtiments, Base travaux	1,4 (1,4%)	7,4 (3,9%)	6 (528%)
Sécurité logistique	10,1 (10%)	30,6 (16%)	20,5 (302%)
Total MBP	77,4 (100%)	146,2 (100%)	68,8 (89%)

Source : SNCF Réseau

Conclusion 3. Le dire d'experts fait ressortir trois postes principaux qui subissent des évolutions significatives : la traction électrique (équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALÉ) et caténaies), les ouvrages d'art et les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires.

2.4 Au terme des études de projet livrées en mai 2024, le coût prévisionnel a été réévalué significativement à la hausse par rapport au montant prévisionnel du protocole financier (+ 87%)

Les études de projet ont été réalisées selon la démarche « Excellence projet » de SNCF Réseau qui repose sur l'utilisation de différents référentiels et guides :

- RRG 21057 « Conduire les Projets d'Investissement Ferroviaire » ;
- IG 00153 Coûts d'investissement pour les projets ferroviaires. Principes à mettre en œuvre pour les estimations ;
- IG 00064 Manager les risques des projets ;
- IG 00345 Guide d'estimation des budgets de maîtrise d'œuvre et de de maîtrise d'ouvrage.

Le dossier technique et l'estimation financière du coût d'investissement constituent les deux livrables de la phase des études de projet (PRO) sur lesquels la mission s'est appuyée pour son expertise ; ces livrables ont été réalisés selon les référentiels précités.

Ces études PRO comprennent un rapport de synthèse, une estimation **du coût prévisionnel définitif de réalisation (CPDR)** décomposée en six rubriques fonctionnelles selon le référentiel correspondant aux postes de dépenses nécessaires pour construire et mettre en service le projet d'investissement.

Ce coût sera réévalué au cours de la phase REA (coût final prévisionnel, CFP), le coût final réalisé (CFR) étant le montant qui sera arrêté à l'issue de la phase REA.

Les études PRO aboutissent à une estimation d'un montant de **190,4 M€** aux conditions économiques de juin 2010.

Le coût est sensiblement équivalent à celui du dire d'expert et il a fait l'objet de différentes **optimisations** en prenant en compte et en retranchant **le coût des investissements éludés** liés à la régénération prévue de certains équipements de la ligne et d'une optimisation technique de certains postes de travaux (ouvrages d'art, électrification).

L'analyse détaillée des évolutions de coût par poste sera abordée dans la partie 3.

Conclusion 4. Les études de projet confirment globalement les estimations du dire d'experts. Les études de projet s'appuient sur la démarche « Excellence projet » de SNCF Réseau, lancée en 2016, qui repose sur l'utilisation de différents référentiels et guides. Le niveau de détail et de structuration de ces référentiels, ainsi que leur appropriation par les équipes chargées de leur mise en œuvre, permettent de fiabiliser le niveau des estimations. Ils constituent une assurance raisonnable sur la robustesse des études et des coûts prévisionnels qui en résultent.

2.5 Le tableau de synthèse fait ressortir une série de postes clés dont les coûts ont évolué à la hausse par rapport aux estimations de l'AVP et du protocole financier

Le tableau de synthèse des évolutions des coûts issus du PRO par rapport aux estimations de l'AVP et du protocole financier de 2016 fait apparaître trois principaux postes d'évolutions importantes qui seront analysés de manière détaillée dans la partie 3.

Tableau 4 : synthèse de évolutions des coûts de la phase 2 de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Montants en M€ aux CE 06/2010 /Rubriques	Estim. 2016	Estim. 2023	Pro 2024	
Foncier	0,5	2,7	2,8	
Acquisitions de données	-	0,4		Non prévu
Voie	0,8	1,5	0,8	
Ouvrages d'art, en terre, hydraulique	6,3	24,8	33,7	Évolution importante
Signalisation	14,4	17,4	3,2	
Télécom, énergie	1,85	2,7	2,7	
EALÉ, caténaire	42,5	61,4	69,2	Évolution importante
Cours, Voiries, Bâtiments, Base travaux	1,4	7,4	5,1	
Sécurité logistique	10,1	30,6	34	Évolution importante
Provision pour risques	7,75	17,5	14,3	
MOE	11,5	18,8	18,9	
MOA	4,9	5,4	5,7	
TOTAL	102	190,6	190,4	

Source : SNCF Réseau

3 L'analyse détaillée du coût prévisionnel du projet

3.1 La méthodologie et les facteurs limitants de l'analyse

La méthodologie d'analyse du coût prévisionnel du projet s'appuie sur :

- Une analyse du programme fonctionnel et technique du projet et de ses évolutions par rapport au programme défini au niveau de l'avant-projet ;
- L'identification des principaux postes constitutifs du coût prévisionnel et leur comparaison avec leur estimation de référence, issue des études d'avant-projet ;
- L'analyse des choix techniques et des facteurs explicatifs des coûts ;
- Des éléments de comparaison issus de projets similaires d'électrification.

La mission a analysé une partie des documents des études de projets et a réalisé des entretiens avec les différents responsables métiers (cf. Annexe 2).

Le programme fonctionnel et technique de l'avant-projet est détaillé dans l'Annexe 4. Les évolutions intervenues au niveau des études de projet sont indiquées dans les parties 3.3 et 3.4.

Les montants de référence, issus des études d'avant-projet et du phasage, utilisés par le maître d'ouvrage SNCF Réseau, sont ceux d'un document interne ventilant la répartition des postes entre les deux phases (cf. Tableau 2, p. 16). La mission a souhaité vérifier cette répartition et a examiné la cohérence de ces montants avec les autres estimations produites par SNCF Réseau dans le cadre des études d'avant-projet et des travaux de phasage ; elle a pu noter quelques écarts et incohérences (cf. Annexe 5 pour l'analyse détaillée), qui sont mentionnés en tant que de besoin dans les parties 3.3 et 3.4.

Par ailleurs, les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires (dont une part est assurée par SNCF Réseau et une part externalisée) ont parfois été spécifiquement identifiées dans les estimations et parfois intégrées dans les postes thématiques (traction électrique, ouvrages d'art...) dans les différentes estimations effectuées lors des études AVP et du phasage. Ces prestations sont largement dépendantes des modalités d'organisation des travaux et leur poids financier est significatif : de 14% à 20% du montant global des travaux, hors provision pour risques, frais de maîtrise d'œuvre (MOE) et frais de maîtrise d'ouvrage (MOA).

La mission a ainsi dû élaborer un cadre de référence ajusté des coûts prévisionnels issus des études d'avant-projet et du phasage, afin de pouvoir effectuer des comparaisons avec les estimations issues des études de projet qui identifient spécifiquement les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires (cf. Tableau 5).

Enfin, la mission souhaitait également s'appuyer sur des éléments de comparaison issus de projets similaires. Elle avait ainsi identifié les opérations suivantes : la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes ; la modernisation de la ligne Serqueux-Gisors qui comprenait 50 km de voie double à électrifier (mise en service en mars 2021) ; l'électrification de la ligne Bourges-Saincaize (58 km de voie double, mise en service en décembre 2011). La mission n'a cependant pu recueillir (ni auprès de SNCF Réseau ni auprès des services de l'État) aucune information financière détaillée sur ces opérations, à l'exception de la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes. Pour cette dernière, les éléments de référence figurent en Annexe 6.

3.2 Des modalités de réalisation qui ont évolué significativement depuis les études d'avant-projet

Le phasage de l'opération, validé par le comité de pilotage en 2015, et le protocole de financement

signé en 2016 se basaient sur la réalisation de la seconde phase dans la continuité, voire en parallèle, de la première phase, avec un allongement des travaux d'un an seulement par rapport à la durée de six ans estimée pour le projet non phasé. Les impacts techniques du phasage ont été considérés comme limités, consistant en la réalisation du raccordement à la sous-station d'alimentation électrique de Coubert (nécessaire pour l'exploitation de la première phase) et une provision pour risques et aléas réexaminée à 10%.

En termes financiers, le surcoût du raccordement à la sous-station d'alimentation électrique de Coubert était évalué à 5 M€. Et si la provision pour risques a bien été réévaluée à 10%, le montant des travaux a été réduit en parallèle de près de 3 M€ (cf. Annexe 5) ; la mission n'a pu déterminer la justification de cette réduction.

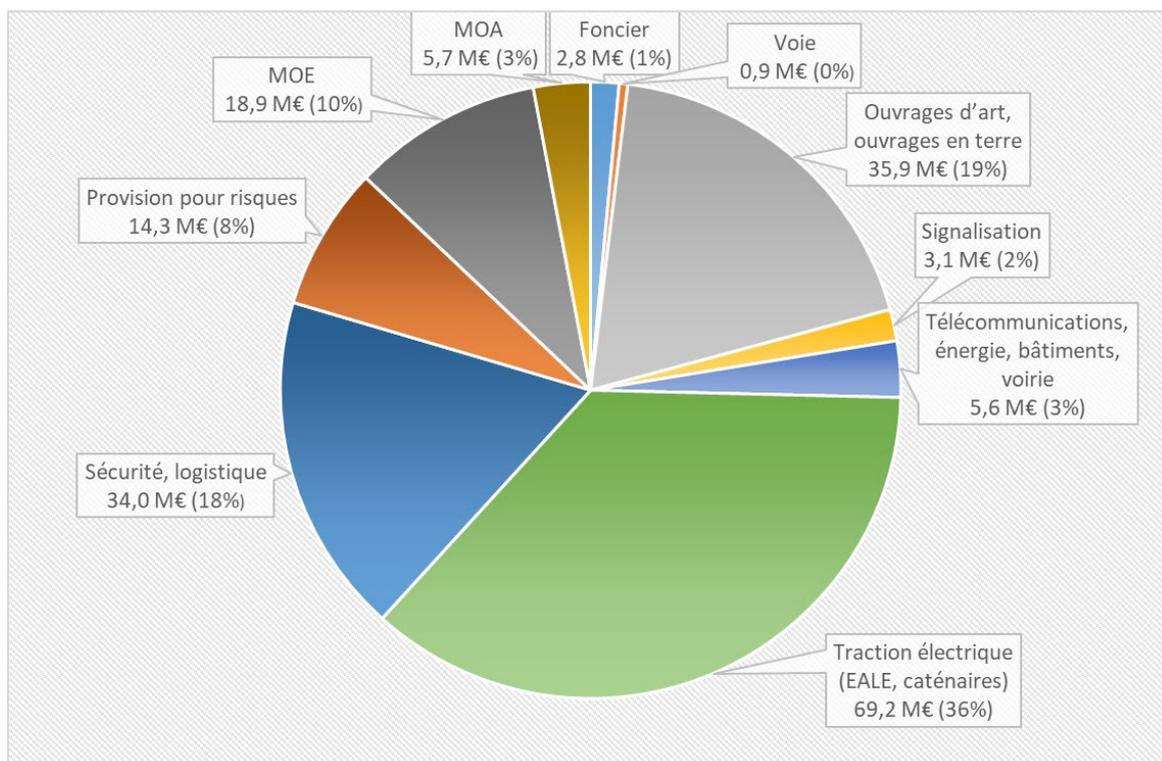
Finalement, la seconde phase sera intégralement réalisée après la mise en service de la première phase. La mutualisation de certains postes de travaux entre les deux phases, qui était une hypothèse implicite du phasage entériné par le protocole de financement est impossible. C'est particulièrement le cas pour les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires.

Par ailleurs, afin d'accélérer la mise en service de la seconde phase (août 2028), les financeurs ont retenu une variante de réalisation avec des fermetures estivales sur la section entre Nogent-sur-Seine et Troyes en 2025, 2026 et 2027 ; l'hypothèse validée lors de l'avant-projet était une réalisation des travaux de nuit sur toutes les sections et avec quelques semaines et des weekends d'interception totale de circulation pour les travaux relatifs au dégagement de gabarit des ouvrages d'art. Si la variante retenue favorise une massification des travaux, elle induit également l'aménagement d'un terminus provisoire à Nogent-sur-Seine et la problématique des transports de substitution à mettre pendant les fermetures estivales.

3.3 Les trois principaux postes qui portent le coût prévisionnel paraissent correctement évalués

Le coût prévisionnel de réalisation de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes a été établi par SNCF Réseau à l'issue des études de projet à 190,4 M€ aux conditions économiques de juin 2010 (CE 06/2010).

Figure 4 : Répartition du coût prévisionnel de réalisation de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes (CE 06/2010)



Source : SNCF Réseau

Trois postes couvrent près de 75% du coût global de l'opération : Traction électrique (EALÉ et caténaires), Ouvrages d'art et en terre, Sécurité et logistique.

Tableau 5 : Comparaison du coût prévisionnel détaillé de l'avant-projet ajusté par la mission et le coût prévisionnel détaillé du projet

Électrification Paris-Troyes - Phase 2	Avant-Projet (ajustement mission)	Projet
Foncier	2,1 M€	2,8 M€
Traction électrique	40,7 M€	69,2 M€
Ouvrages d'art et en terre	6,0 M€	35,9 M€
Signalisation	11,3 M€	3,1 M€
Voie	0,6 M€	0,9 M€
Télécommunications, énergie, bâtiments, voirie	2,0 M€	5,6 M€
Sécurité et logistique ferroviaires	15,1 M€	34,0 M€
Montant brut principal (MBP)	77,8 M€	151,6 M€
Provision pour risques	7,7 M€	14,3 M€
MOA	4,9 M€	5,6 M€
MOE	11,5 M€	18,9 M€
TOTAL	102,0 M€	190,4 M€

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

3.3.1 La traction électrique : les équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALE) et les caténaires

3.3.1.1 Le programme fonctionnel et technique

Le programme fonctionnel des équipements d'alimentation de la ligne électrique (EALE) est conforme aux études d'avant-projet, mais son dimensionnement a été optimisé sur le plan technique.

La création de la sous-station de Saint-Mesmin, raccordée au réseau RTE, est confirmée. L'alimentation de la ligne était prévue à l'AVP en 2*25 kV entre Nogent-sur-Seine et la Chapelle-Saint-Luc puis en 1*25kV optimisé entre la Chapelle Saint-Luc et Troyes. A l'issue des études de projet, l'alimentation en 2*25 kV se fera sur une section plus réduite, entre Nogent-sur-Seine et la sous-station de Saint-Mesmin, puis en 1*25kV optimisé entre sous-station de Saint-Mesmin et Troyes. Il en résulte la suppression d'un poste autotransformateur (P9 à la Chapelle Saint-Luc), les deux autres postes autotransformateurs prévus (P7 à Marnay-sur-Seine, P8 à Maizières la Grand-Paroisse) étant maintenus. L'optimisation de l'alimentation électrique se traduit par une réduction du linéaire de câble d'alimentation.

S'agissant des caténaires, les spécifications techniques d'interopérabilité obligent à remplacer le « type 85 » prévu à l'AVP par le type « STI V160 » ; SNCF Réseau indique que les caractéristiques de ces deux types sont proches et qu'il n'y a pas de différence notable de coûts. Le type « STI V160 » a aussi été mis en place sur la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes.

Le linéaire de voies à électrifier comprend les voies principales (54 km de voie double), les voies à quai et des voies de service (11 km). Il est conforme au programme de l'AVP, à l'exception des voies de service 12 et 14 en gare de Troyes qui sont ajoutées, à la suite des études d'exploitation menées par le transporteur SNCF Voyageurs.

3.3.1.2 Le coût de référence de l'AVP

Le montant de référence pour la traction électrique, issu de l'AVP et du phasage, ajusté par la mission est de 40,7 M€₂₀₁₀⁴.

3.3.1.3 L'analyse des coûts du PRO

Le montant du poste « traction électrique » s'élève à 69,2 M€ et se répartit comme suit :

Tableau 6 : Sous-détail de l'estimation du poste « traction électrique » issue des études de projet

Raccordement RTE	2,6 M€
Sous-station et postes électriques	11,6 M€
Caténaires	55,1 M€
TOTAL Traction électrique	69,2 M€

Source : SNCF Réseau

Ce poste a augmenté de 70% par rapport à l'estimation de l'avant-projet.

Par comparaison, sur la première phase, le poste avait augmenté de 25% par rapport à l'estimation

⁴ 48,9 M€₂₀₁₀, en incluant une part des prestations de sécurité et de logistique ferroviaires

de l'avant-projet et le coût kilométrique à terminaison s'établit à 0,82 M€ / km VD (voie double)⁵.

En retirant du périmètre de la phase 2, le coût de la sous-station de Saint-Mesmin évalué à 12,5 M€, équipement singulier par rapport à la phase 1, le coût kilométrique de la seconde phase s'établit à 0,95 M€ / km VD (voie double). Il est 16% plus élevé que sur la première phase de l'électrification.

Cet écart s'explique en partie par la mauvaise qualité des sols, qui a renchéri le génie civil des poteaux caténaires de 2 M€ (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Surcoûts des massifs de fondation des poteaux caténaires, liés à la mauvaise qualité des sols

	Nombre	Prix unitaire moyen de réalisation (CE juin 2010)	Surcoût moyen (CE juin 2010)
Massifs standards	800	1 800 €	
Massifs particuliers	1 000	2 200 €	+ 400 €
Massifs très particuliers	400	3 500 € - 4 000 €	+ 2 000 €
Massifs sur micropieux	40	18 000 € - 25 000 €	+ 20 000 €
TOTAL	2 240		+ 2 000 000 €

Source : SNCF Réseau

Néanmoins, le poste traction électrique laisse encore apparaître un écart de + 6 M€₂₀₁₀ comparativement à l'application du coût kilométrique de la phase 1 au linéaire de la phase 2 (59,5 km VD) et la prise en compte des deux postes de surcoûts précédents.

Les coûts utilisés par SNCF Réseau pour établir l'estimation s'appuient sur des bordereaux de prix unitaires renseignés dans le logiciel LEA (utilisé pour l'estimation) qui sont revalorisés annuellement pour intégrer le retour des projets, après attribution des marchés et établissement des décomptes généraux définitifs. Cette approche est de nature à assurer une bonne robustesse des estimations.

Conclusion 5. Le poste « Traction électrique » s'élève à 69,2 M€, soit + 70 % par rapport à la référence de l'avant-projet et du phasage. En ne tenant pas compte de la sous-station de Saint-Mesmin, équipement singulier du projet, le coût kilométrique de la phase 2 est supérieur de 16% à celui de la phase 1. Le surcoût du génie civil des poteaux caténaires, lié à la mauvaise qualité des sols, n'explique que partiellement cet écart.

3.3.2 Les ouvrages d'art et les ouvrages en terre

3.3.2.1 Le programme fonctionnel et technique

Le programme fonctionnel et technique des ouvrages d'art, défini aux études d'avant-projet, recensait les ouvrages d'art concernés par le dégagement du gabarit nécessaire à l'électrification et identifiait pour chacun d'eux la modalité technique retenue (relevage de tablier ; remplacement et relevage de tablier ; démolition et reconstruction d'un ouvrage neuf ; démolition sans remplacement de l'ouvrage). Par ailleurs, les autres ouvrages d'art, dont le gabarit était compatible avec l'électrification de la ligne, étaient tous équipés d'auvents de protection vis-à-vis des

⁵ Le coût à terminaison comparable du poste « Traction électrique » est de 62,9 M€ ; ce poste inclut les caténaires sur 73 km de voie double et 7 km de voie unique, les 7 postes d'alimentation électrique et le raccordement à la sous-station existante de Coubert.

caténaïres.

La phase 1 devait prendre en charge les travaux de tous les ouvrages d'art du linéaire électrifié dans cette phase ainsi que les travaux de quatre ouvrages sur le linéaire devant être électrifié en seconde phase. Il apparaît que finalement la phase 1 n'a pas pu traiter la reprise de la passerelle « Begand » (OA n°66). Ces travaux sont donc de fait réintégrés dans la phase 2.

Les sondages géotechniques menés au niveau du sol et des culées des ouvrages durant les études de projet de la seconde phase ont établi que les caractéristiques de portance étaient particulièrement défavorables dans de nombreux cas. Il s'avère qu'au niveau des études d'avant-projet, aucune reconnaissance de sols n'a été menée et que des différences significatives ont été constatées entre les plans d'archives des ouvrages et les résultats des investigations de terrain. Il s'agit là d'une défaillance notable de la maîtrise d'ouvrage lors de la réalisation des études d'avant-projet ; celle-ci ne s'est pas assurée de la suffisance et de la qualité des données d'entrée ; et à défaut de pouvoir en disposer, elle n'a pas davantage identifié une provision pour risque correspondante dans son estimation, lors des études d'avant-projet.

Il résulte qu'après approfondissement des études, les caractéristiques de portance n'étaient pas compatibles pour plusieurs ponts ou passerelles avec les solutions de dégagement de gabarit les plus simples (relevage de tablier avec ou sans remplacement) telles qu'envisagées lors de l'avant-projet.

Par ailleurs, la solution par abaissement de la voie a été abandonnée pour les 4 ouvrages en proximité de la gare de Troyes au profit d'une démolition et reconstruction d'ouvrage neuf pour des raisons d'économie. Cette modification de programme a été présentée aux financeurs en janvier 2023. L'abaissement des 4 ouvrages a été réestimé à cette date par SNCF Réseau à 15 M€, alors que les études d'avant-projet avaient évalué l'ensemble à moins de 3 M€. Par comparaison, le remplacement des 4 ouvrages d'art était évalué à un peu moins de 11 M€.

Ainsi, sur les 30 ouvrages à traiter en phase 2, plus de la moitié devra faire l'objet d'une démolition avec la reconstruction d'un ouvrage neuf (cf. Tableau 8). Cette solution onéreuse n'était retenue pour aucun ouvrage lors de l'avant-projet.

Tableau 8 : Répartition du type d'intervention sur les ouvrages d'art, dans les études d'avant-projet et de projet de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Électrification Paris-Troyes - Phase 2	Avant-Projet	Projet
Démolition sans reconstruction de l'ouvrage	5	5
Pose d'auvent caténaïres sur l'ouvrage	6	5
Relevage du tablier	6	2
Relevage et remplacement du tablier	8	2
Démolition et construction d'un ouvrage neuf	0	16
Abaissement de la voie	4	0
TOTAL	29	30

Source : données SNCF Réseau – Traitement : mission

Le programme fonctionnel et technique des ouvrages en terre n'est pas aussi détaillé que celui des ouvrages d'art, tant au niveau de l'avant-projet que du projet. Il recoupe l'ensemble des travaux de terrassement hors ouvrages d'art pour les plateformes et les accès aux équipements d'alimentation de la ligne électrique. Il représente un volume de travaux significativement inférieur à celui relatif aux ouvrages d'art.

3.3.2.2 Le coût de référence de l'AVP

Le montant de référence pour les ouvrages d'art et en terre, issu de l'AVP et du phasage, est de

7,1 M€₂₀₁₀ en incluant une part des prestations de sécurité et de logistique ferroviaires. L'analyse des coûts de référence de l'AVP (cf. Annexe 5) a montré que ce poste a vraisemblablement été sous-évalué lors du phasage de l'opération, globalement sur l'opération et de 3 M€₂₀₁₀ sur la seconde phase. Par ailleurs, l'intervention sur l'ouvrage OA n°66, pour un montant de 1,2 M€₂₀₁₀ (estimation AVP) n'a pas été réalisée en phase 1 comme prévu. Elle a été réintégrée dans les études de projet de la phase 2, ce qui fait évoluer le montant de référence, issu de l'AVP et du phasage, de 7,1 M€₂₀₁₀ à 8,3 M€₂₀₁₀ pour la seconde phase, indépendamment de la sous-évaluation globale de ce poste sur la phase 2 lors du phasage.

Le montant de référence pour les ouvrages d'art et en terre, issu de l'AVP et du phasage, est de 6,0 M€₂₀₁₀ hors prestations de sécurité et de logistique ferroviaires. En tenant compte de la sous-évaluation globale du poste lors du phasage et la réintégration de l'ouvrage reporté de la phase 1, le montant de référence ajusté pour les ouvrages d'art et en terre serait d'environ 10 M€₂₀₁₀.

3.3.2.3 L'analyse des coûts du PRO

Le montant du poste « Ouvrages d'art et en terre » de la seconde phase s'élève à 35,9 M€ ; il se répartit comme suit :

Tableau 9 : Sous-détail de l'estimation du poste « ouvrages d'art et ouvrages en terre » issue des études de projet

Ouvrages en terre	5,3 M€
Ouvrages d'art	30,6 M€
TOTAL Ouvrages d'art et en terre	35,9 M€

Source : SNCF Réseau

Ce poste a été multiplié d'un facteur de 3 à 4 par apport à l'estimation ajustée de l'avant-projet.

Sur la phase 1 de l'électrification de la ligne Paris-Troyes (cf. Annexe 6), le coût à terminaison comparable du poste « Ouvrages d'art et en terre » est de 28,5 M€₂₀₁₀ pour 38 interventions effectivement réalisées. Le Tableau 10 montre que la nature des interventions prévues n'a que peu évolué avec les études de projets et les évolutions ont plutôt été favorables, contrairement à ce qui s'est passé pour la phase 2.

L'estimation à terminaison (EAT) a néanmoins été multipliée d'un facteur 2 par rapport au montant de référence, issu de l'AVP et du phasage, pour ce poste de la phase 1 (cf. Annexe 6). Ceci traduit une forte sous-évaluation de l'estimation de ce poste lors des études d'avant-projet.

Tableau 10 : Répartition du type d'intervention sur les ouvrages d'art, dans les études d'avant-projet et de projet de la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Électrification Paris-Troyes - Phase 1	Avant-Projet	Projet
Démolition sans reconstruction de l'ouvrage	2	5
Pose d'auvent caténaire sur l'ouvrage	13	13
Relevage du tablier	7	6
Relevage et remplacement du tablier	4	2
Démolition et construction d'un ouvrage neuf	12	10
Abaissement de la voie	1	1
Intervention non nécessaire		1
TOTAL	39	38
Intervention reportée en phase 2		1

Source : données SNCF Réseau – Traitement : mission

Sur la seconde phase, se surajoute à cette sous-évaluation intrinsèque du poste dans les études d'avant-projet l'évolution du type d'interventions, consécutive aux reconnaissances géotechniques. La mission a tenté d'apprécier l'impact financier de cette évolution en neutralisant l'impact de la sous-évaluation globale de ce poste. En s'appuyant sur les coûts moyens des interventions sur les ouvrages d'art (cf. Annexe 5), la mission a calculé que l'évolution du type d'intervention sur les ouvrages d'art du périmètre de la seconde phase se traduit par une augmentation de 70% de l'estimation de ce poste sur la base de l'AVP. Ainsi, si le maître d'ouvrage avait disposé des données géotechniques adéquates lors des études d'avant-projet, le montant de référence du poste aurait été de 17 M€₂₀₁₀.

En appliquant à ce montant le facteur 2 correspondant à la sous-évaluation globale du poste constatée sur la phase 1, on obtient une estimation à terminaison théorique de 34 M€₂₀₁₀. Ce montant se rapproche du coût prévisionnel de ce poste présenté par SNCF Réseau (35,9 M€₂₀₁₀), ce dernier restant malgré tout supérieur. Cet écart peut probablement s'expliquer par le fait que la moitié des interventions de la phase 2 consiste en une démolition et construction d'ouvrage neuf, et que le coût moyen extrapolé des estimations de l'AVP traduit mal la variabilité du coût de ce type d'intervention.

Les coûts utilisés par SNCF Réseau pour établir l'estimation s'appuient sur des bordereaux de prix unitaires renseignés dans le logiciel LEA et alimenté par la « banque du coût marché » qui intègre les retours de l'exécution des marchés. La démarche s'appuie aussi sur une animation du métier pour partager les pratiques. Cette approche est de nature à assurer une bonne robustesse des estimations.

Le maître d'ouvrage apporte, au titre de son programme de régénération, une participation financière très significative de 6,8 M€₂₀₁₀⁶ (cf. Annexe 7), qui concerne 18 ouvrages, avec pour 3 d'entre eux une prise en charge intégrale des travaux. Cette participation correspond aux investissements érudés, c'est-à-dire à des travaux prévus sur les ouvrages existants mais qui ne seront pas réalisés du fait de leur remplacement. Ce financement vient en parallèle des financements appelés au titre de l'opération d'électrification et vient atténuer en partie l'augmentation de ce poste à l'issue des études de projet.

Enfin, le financement des demandes de tiers est bien identifié et isolé dans le suivi ; il représente un montant de 2,2 M€₂₀₁₀ (cf. Annexe 7), non comptabilisé dans le coût prévisionnel.

Conclusion 6. Le poste « ouvrage d'art et en terre » s'élève à 35,9 M€₂₀₁₀, à comparer à une estimation de référence de l'avant-projet et du phasage de 10 M€₂₀₁₀, après réajustement par la mission. Cette augmentation s'explique essentiellement par deux composantes : une forte sous-estimation du poste (d'un facteur 2) dans les études d'avant-projet, comme cela a été constaté sur la première phase ; un renchérissement des interventions (d'un facteur 1,7) à la suite des reconnaissances géotechniques. Enfin, SNCF Réseau a déduit du montant financé par le projet sa contribution de 7,8 M€₂₀₁₀ au titre de la régénération et correspondant aux investissements érudés.

3.3.3 Les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires

3.3.3.1 Le programme fonctionnel et technique

Le poste « sécurité et logistique » ferroviaires regroupe les prestations, assurées par SNCF Réseau ou externalisées auprès des entreprises intervenantes, relatives à la mise en sécurité des

⁶ 7,8 M€₂₀₁₀ si on intègre les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires afférentes qui ne seront pas imputées au projet,

différents chantiers, leur organisation et leur coordination sur le domaine ferroviaire ou en interface avec celui-ci. Ces prestations sont extrêmement cadrées et normées, et formalisées dans des référentiels. Elles sont également dépendantes des modalités d'intervention pour réaliser les travaux.

Au niveau de l'avant-projet, ces prestations n'ont pas été détaillées mais uniquement quantifiées financièrement à partir de pourcentages des montants de travaux à réaliser.

Au niveau du projet, ces prestations ont été définies très précisément par la MOE Travaux Amont de SNCF Réseau. Cette dernière a établi pour chaque année, un dossier d'organisation (DO) qui est un planning détaillé, jour par jour, avec les différents personnels qualifiés nécessaires (le DO de l'année 2027 de l'opération est reproduit à titre illustratif en Annexe 8) ; ce recensement est interfacé avec un bordereau de prix unitaires, ce qui permet d'établir automatiquement l'estimation financière de ce poste dans le logiciel LEA.

Le dossier d'organisation est construit à partir du nombre de chantiers élémentaires, de leur localisation et du nombre d'équipes à encadrer. Pour les opérations dont le montant est supérieur à 15 M€, un second regard intervient⁷, afin notamment d'identifier les doublons et optimiser la mobilisation des équipes de sécurité.

Dans le cadre de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes, SNCF Réseau a adopté plusieurs dispositions innovantes pour remplacer des modalités nécessitant un personnel important pour garantir l'absence de circulation de trains lors des fermetures de voie : des totalisateurs de zones et d'intervalles à la place de vérifications visuelles effectuées par des agents ; des barres de shunt pilotées par transmission GSM à la place de circuits de shunt manipulés individuellement par des agents. Ceci permet des économies de personnels mais aussi des gains de temps pour la transmission des informations, améliorant l'efficacité de l'organisation du chantier. La traduction financière de ces impacts est intégrée dans l'estimation issue des études de projet.

3.3.3.2 Le coût de référence de l'AVP

Le montant de référence pour les prestations de sécurité et de logistique, issu de l'AVP et du phasage, est de 15,1 M€.

3.3.3.3 L'analyse des coûts du PRO

Le montant du poste « Sécurité et logistique » de la seconde phase s'élève à 34,0 M€.

Ce poste a été multiplié par plus de deux par rapport à l'estimation de l'avant-projet.

Compte-tenu de l'élaboration du chiffrage de ce poste rappelé ci-avant, et des compétences pointues qu'il mobilise, la mission n'est pas en capacité de porter une appréciation sur le dimensionnement des moyens mobilisés pour ce poste dans les études de projet.

La mission constate néanmoins que le montant a été déterminé en avant-projet à partir de pourcentages des montants de travaux à réaliser, alors qu'il a été estimé dans les études de projet sur la base de l'organisation effective des travaux. SNCF Réseau a indiqué à la mission que l'approche par pourcentage au niveau de l'avant-projet existe toujours pour les petits chantiers, mais pour les chantiers les plus importants, SNCF Réseau réalise des « pré-DO » qui quantifient les prestations en s'appuyant sur l'organisation prévisionnel des travaux. Cette différenciation laisse penser que l'approche par pourcentage comporte de trop fortes marges d'erreur sur les grosses opérations.

Par ailleurs, l'organisation des travaux prévue en avant-projet était différente de celle retenue dans

⁷ en application du processus repris dans le référentiel SNCF Réseau RRG21017

les études de projet : cette dernière prévoit une massification des travaux sur 3 périodes de fermeture estivale de la ligne, en plus des travaux de nuit avec interception totale des circulations. Cette organisation répond à l'objectif des financeurs d'accélérer la mise en service de la seconde phase ; elle permet la réalisation en parallèle des chantiers mais mobilise plus de ressources en sécurité et logistique ferroviaires pour gérer les interfaces plus nombreuses.

Enfin, la modification des procédés de construction de plus de la moitié des ouvrages d'art, nécessitant *in fine* leur démolition et leur reconstruction, a augmenté les besoins en prestations de sécurité et de logistique ferroviaires. Il est de même pour le génie civil des poteaux caténaires dont les rendements chutent de neuf poteaux par nuit pour les massifs standards à cinq par nuit pour les massifs particuliers et deux par nuit pour massifs très particuliers ; pour les fondations sur micropieux, le rendement descend à un massif toutes les 2,5 nuits.

Les éléments qualitatifs exposés ci-avant constituent des justifications valables du chiffrage important du poste « sécurité et logistique ferroviaires ».

Conclusion 7. *Le poste relatif aux « prestations de sécurité et logistique ferroviaires » s'élève à 34,0 M€₂₀₁₀, soit une multiplication par plus de deux par rapport à la référence de l'avant-projet et du phasage. Au niveau de l'avant-projet, ces prestations n'ont pas été détaillées, mais uniquement quantifiées financièrement à partir de pourcentages des montants de travaux à réaliser (sachant que cette approche n'est aujourd'hui plus utilisée par SNCF Réseau pour les opérations de plus de 15 M€). Au niveau du projet, elles ont été définies très précisément sur la base des chantiers élémentaires, de leur localisation et du nombre d'équipes à encadrer. Par ailleurs, l'organisation des travaux retenue in fine (avec notamment des fermetures estivales de la ligne pour accélérer leur réalisation à la demande des financeurs) nécessite plus de moyens en sécurité et logistique ferroviaires que celle envisagée lors de l'avant-projet.*

3.4 Les autres postes : signalisation, voie, télécommunications...

3.4.1 Le programme fonctionnel et technique

L'abaissement de la voie sous 4 ouvrages est abandonné, remplacé par le rehaussement du tablier de 2 ouvrages et par la démolition et reconstruction de 2 ouvrages. Les conséquences sur le programme fonctionnel des ouvrages d'art ont été exposées au 3.3.2.

Le programme des travaux pour la voie comprend les aménagements suivants non mentionnés explicitement dans le programme de l'avant-projet :

- La création de trois voies de service sur la base travaux de Romilly-sur-Seine ;
- La remise à niveau et consolidation des voies de service de la base arrière du faisceau Preize ;
- La dépose de voies de service du triage de La Chapelle-Saint-Luc et du faisceau Preize pour la mise en place de supports caténaires ;
- La remise à niveau et consolidation des voies de service du faisceau pair de Nogent-sur-Seine pour le remisage du matériel roulant lors des fermetures estivales de la ligne ;
- La création de joint isolant collé (JIC) pour le redécoupage des zones de circuits de voie (CDV).

La dépose de l'installation terminale embranchée (ITE) de Crancey sera réalisée mais elle est en dehors du périmètre de l'électrification de la ligne (travaux financés sur le programme de

régénération de SNCF Réseau).

L'électrification de la ligne s'accompagne d'une mise en compatibilité des installations de signalisation avec l'électrification de la ligne : mise en place du système KVB⁸ (obligatoire pour toutes les lignes électrifiées) ; adaptation de la signalisation et remplacement des câbles de signalisation ; adaptation de l'alimentation en énergie des équipements de signalisation ; adaptation des systèmes de télécommunication. Ces programmes ne comportent pas d'évolution sensible sur le plan fonctionnel entre les études d'avant-projet et celles de projet.

D'autres postes mineurs sont intégrés dans ce poste : ils concernent la voirie et les bâtiments (base travaux et aménagements du terminus provisoire de Nogent sur Seine).

3.4.2 Le coût de référence de l'AVP

Le montant de référence pour les postes « signalisation, voie, télécommunications... », issu de l'AVP et du phasage, est de 13,9 M€₂₀₁₀⁹.

3.4.3 L'analyse des coûts du PRO

Le montant des postes « signalisation, voie, télécommunications... » de la seconde phase s'élève à 9,4 M€₂₀₁₀ ; il se répartit comme suit :

Tableau 11 : Sous-détail de l'estimation des postes « signalisation, voie, télécommunications... » issue des études de projet

	AVP	PRO
Voie	0,6 M€	0,9 M€
Signalisation	11,3 M€	3,1 M€
Télécommunications, énergie, bâtiments, voirie	2,0 M€	5,6 M€
TOTAL	13,9 M€	9,6 M€

Source : SNCF Réseau – Traitement mission

L'ensemble de ces postes est en diminution de 30% par apport à l'estimation de l'avant-projet. Cette diminution est due à une division par presque 4 du poste principal relatif à la signalisation ; les deux autres postes sont en augmentation.

La diminution du poste signalisation s'explique par la prise en charge par SNCF Réseau, à hauteur de 6,9 M€₂₀₁₀, du remplacement des câbles (câbles non marqués) dans le cadre d'un programme national d'éradication des câbles et installations de signalisation vétustes, dont les travaux sont anticipés à l'occasion de l'opération d'électrification de la ligne. SNCF Réseau finance aussi en propre des travaux de régénération de l'alimentation électrique des installations et de régénération des circuits de voie d'ancienne génération, ainsi que le déploiement de la télésurveillance des installations : l'ensemble représente un montant d'environ 4,2 M€₂₀₁₀. Le montant restant imputé à l'opération correspond ainsi au déploiement du système KVB, l'adaptation de la protection des signaux (délimitation de gabarit par rapport aux équipements d'alimentation électrique de la ligne) et le déploiement de la signalisation spécifique de l'électrification (retour courant traction).

En matière de télécommunications, les adaptations nécessaires s'effectuent en s'articulant avec le

⁸ KVB : contrôle de vitesse par balises

⁹ 19,6 M€₂₀₁₀, en incluant une part des prestations de sécurité et de logistique ferroviaires

déploiement de programmes nationaux (GAMEC, SOPRANO en particulier) et en tenant compte des caractéristiques liées à l'électrification de la ligne ; dans ce cadre, SNCF Réseau en finance une partie au titre de la régénération des installations de télécommunications d'ancienne génération (environ 1 M€₂₀₁₀). Le poste comprend aussi la mise en place des équipements et des liaisons radios pour assurer la couverture de l'ensemble des zones de chantier sur le périmètre de la seconde phase et du site de Nogent-sur-Seine pour l'exploitation du site lors des fermetures estivales.

S'agissant de la voie, le poste comprend les aménagements liés aux deux bases de travaux à Romilly-sur-Seine et La Chapelle Saint-Luc, ainsi que la création de joints isolants collés (JIC) pour le redécoupage des zones des circuits, indissociable de l'adaptation de la signalisation. SNCF Réseau a recours, par ailleurs, à du ballast et du rail de réemploi, ce qui permet une petite économie au projet (- 0,1 M€₂₀₁₀). Les travaux de consolidation des faisceaux de voies de service de Troyes-Preize (base travaux) et Nogent-sur-Seine (terminus provisoire) sont financés en propre par SNCF Réseau au titre de la régénération, à hauteur de 0,9 M€₂₀₁₀¹⁰, montant incluant aussi la dépose de l'installation terminale embranchée (ITE) de Crancey.

Conclusion 8. Les postes « signalisation, voie et télécommunications » s'élèvent à 9,6 M€₂₀₁₀, soit une diminution de 30% par rapport à l'estimation de l'avant-projet et du phasage. Cette diminution est due essentiellement à une division par presque 4 du poste principal relatif à la signalisation, en raison de la prise en charge par SNCF Réseau du remplacement des câbles (câbles non marqués) pour un montant de 6,9 M€₂₀₁₀, dans le cadre d'un programme national d'éradication des câbles et installations de signalisation vétustes, dont les travaux sont anticipés à l'occasion de l'opération d'électrification de la ligne.

3.5 La provision pour risques issue du PRO se fonde sur une analyse de risque fine, exhaustive et documentée selon un référentiel

Montants en M€ aux CE 06/2010 /Rubriques	Protocole 2016	Estim. 2023	Pro 2024
Provision pour risques	7,75	17,5	14,3

La provision pour risque est un poste en évolution par rapport au montant prévisionnel du protocole de 2016 où un taux fixe de 10% du montant brut des travaux avait été appliqué. Le montant de la provision du PRO est toutefois beaucoup plus précis et se fonde sur une véritable analyse des risques complète¹¹, chaque risque étant coté en fonction de sa probabilité d'occurrence et de son niveau l'impact afin d'aboutir à un montant agrégé de provision pour risques.

La méthode d'élaboration et le plan de management des risques se basent sur le référentiel « Manager les risques projets » (IG 00064) de SNCF Réseau :

- Une cinquantaine de risques ont été identifiés et cotés. Au 13/04/2024, 35 risques sont actifs, 23 ont été éteints et le plan d'action comporte 108 items.
- Pour chaque risque, une fiche précise le niveau de criticité retenu, la valorisation de la provision et les actions de traitement. Ces fiches sont produites à partir d'un logiciel propriétaire de management des risques « Osirisk » qui permet également de formaliser

¹⁰ 0,3 M€₂₀₁₀ pour la consolidation des voies de service nécessaires au terminus provisoire de Nogent-sur-Seine

¹¹ Plan de management des risques comprenant 67 pages, initialisé en phase pré-PRO le 31 mai 2021 et revu régulièrement

un plan d'action de traitement des risques et d'assurer un suivi régulier de la gestion de la provision pour risques.

- La provision pour risques (PR) est l'addition de deux montants : la Provision pour Risques Identifiés (PRI) et la Provision pour Risques Non Identifiés (PRNI).
- La PRI est la résultante d'un travail collaboratif d'analyse de risque entre l'ensemble des acteurs du projet (MOA, MOEG, MOEE et MOETx), animé par un référent « Risques » de la DZI NEN (voir organigramme infra). Ce travail est initialisé tôt dans le projet et fait l'objet d'une mise à jour très régulière. Plus de 15 réunions se sont tenues au cours de la phase PRO et le processus se poursuivra jusqu'à la fin de la phase REA, afin d'actualiser la vision des risques et leurs montants tout au long du projet.
- La PRNI est ajoutée à ce montant en appliquant un pourcentage du montant brut des travaux. Le référentiel IG00064 fournit des plages de référence de ce pourcentage en fonction de la typologie du projet et de la phase en cours, ce qui permet de s'assurer que le montant reste dans des valeurs acceptables.
- L'ensemble donne donc le montant de la provision pour risques en valeur et en pourcentage du montant brut des travaux. Pour ce pourcentage, le référentiel donne également une plage de valeurs basse et haute.

L'examen de l'analyse des risques et des montants provisionnés fait ressortir trois risques cotés très forts en terme de criticité :

- retard des dossiers d'exploitation (PRI 0,6 M€) – risque interne ;
- risques archéologiques (PRI 0,3 M€) – risque externe ;
- difficultés d'obtention du foncier nécessaire (1,8 M€) – risque externe.

Parmi les risques forts, la passation de marchés infructueuse est à noter avec une PRI de 2,2 M€.

Au final, la PRI retenue est valorisée à 12,1 M€ et la PRNI à 2,2 M€ pour une PR globale de 14,3 M€ € soit 9,6% du montant brut des travaux.

En fonction de l'évolution des risques identifiés et de leur niveau de survenue, les montants de provisions non consommées sont rebasculés dans la partie PRNI. Si celle-ci devenait trop importante, une révision à la baisse serait opérée. De même, la provision pour risques est réévaluée en fin de REA, la partie non utilisée étant déduite du coût final du projet.

Conclusion 9. *Au regard de la méthodologie utilisée, du travail d'identification exhaustif des risques, de leur cotation et du calcul d'un niveau de provision basé sur une granularité fine, la valorisation de la provision pour risque apparaît à la mission comme robuste, fiable et correctement évaluée.*

3.6 Les coûts de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage sont calculés par agrégation en fonction des travaux à réaliser issue d'une approche « bottom-up » et paraissent correctement valorisés

Montants en M€ aux CE 06/2010 /Rubriques	Protocole 2016	Estim. 2023	Pro 2024
MOE	11,5	18,8	18,9

Maitrise d'œuvre (MOE)

La Maîtrise d'œuvre est estimée à partir des différents devis fournis par les entités impliquées :

- Concernant la MOE Études, un outil interne appelé ECO permet de rassembler les estimations de toutes les composantes concernées (groupes études en PRI, les directions centrales, etc.) en utilisant les taux horaires en vigueur.
- Concernant la MOE Travaux, c'est l'outil DO (dossier d'organisation) qui est utilisé pour l'estimer.
- La direction de projet assemble ensuite ces différents devis et y ajoute une estimation de la MOE Générale qui inclut les différentes unités d'œuvre d'appuis (contrôle de coût, planificateur, etc.)
- Le montant résultant de cet assemblage est rapporté au total « MBP + PR » afin d'en déduire le taux de MOE. L'IG00345 définit les règles d'estimation de la MOE et de la MOA et invite à réaliser des comparaisons avec des fourchettes de taux standards, en fonction de la typologie et de la complexité des projets. Une comparaison avec des projets similaires récents est également systématiquement réalisée.
- Pour la MOE, on notera les spécificités ferroviaires suivantes :
 - Le phasage d'un projet impactant la signalisation ou la traction électrique va nécessiter l'élaboration de « Programmes » au sens ferroviaire, autant que de phases. Pour le domaine signalisation, à chaque programme doit également correspondre un plan technique. L'ensemble des coûts associés sont prévus dans la MOE,
 - La rédaction des consignes d'exploitation (signalisation et caténaire principalement) applicables lors de chaque mise en service (fonction du phasage) est également chiffrée en MOE,
 - Dans certains domaines spécifiques comme la signalisation, certaines études d'exécution sont réalisées en interne et chiffrées dans une sous rubrique appelée MO4. Cette partie est également incluse dans la MOE.

Maîtrise d'Ouvrage et mission de pilote d'opération (MOA)

- La Maîtrise d'ouvrage regroupe le Responsable de la MOA (RMOA), le pilote d'opération (PO) et leurs appuis. Elle est estimée, sur la base de devis, par les acteurs concernés. Des pourcentages standards pour chacune de ces missions sont donnés dans l'IG00345 « Guide d'estimation des budgets de maitrise d'œuvre et de maitrise d'ouvrage », toujours en fonction de la typologie du projet. La cohérence du résultat obtenu est contrôlée par comparaison avec des données de projets similaires, notamment les données de la Banque Coût de Projets (BCP) et avec des taux de MOE/MOA de référence.
- La mission au cours de ses travaux a régulièrement échangé avec la MOA et la MOE générale, la MOE Travaux et Sécurité Logistique (SLG), a eu également des entretiens avec les équipes appui « Risque » et certaines directions techniques (traction électrique) et a pu mesurer la réalité des analyses menées, la bonne appropriation et l'utilisation des référentiels et des outils cités.

Conclusion 10. La mission estime que les moyens de MOE et MOA et les prévisions de coût associées sont robustes, étayées, contrôlées.

Encadré 2 : le programme « Excellence Projet » de SNCF Réseau

SNCF Réseau cherche à identifier et standardiser les meilleures pratiques, à mesurer efficacement les progrès et à faire gagner en maturité le pilotage des actions. C'est l'enjeu du programme « Excellence Projet », initialisé en 2016, qui a pour objectif de rapprocher les résultats de production des projets et les engagements pris en termes de coûts, qualité et délais notamment vis-à-vis des clients, des financeurs.

Cet objectif implique la mise en place d'une gouvernance, de méthodologies standardisées afin d'assurer la parfaite exécution des programmes, des projets. C'est dans cette logique que SNCF Réseau a développé le programme « Excellence Projet », la direction générale souhaitant à la fois un rapportage et un suivi très précis au niveau des financeurs et aussi au niveau opérationnel pour les projets et la maîtrise de la capacité ferroviaire.

Le programme « Excellence Projet » s'articule autour de 12 standards, auxquels correspondent des livrables issus des bonnes pratiques.

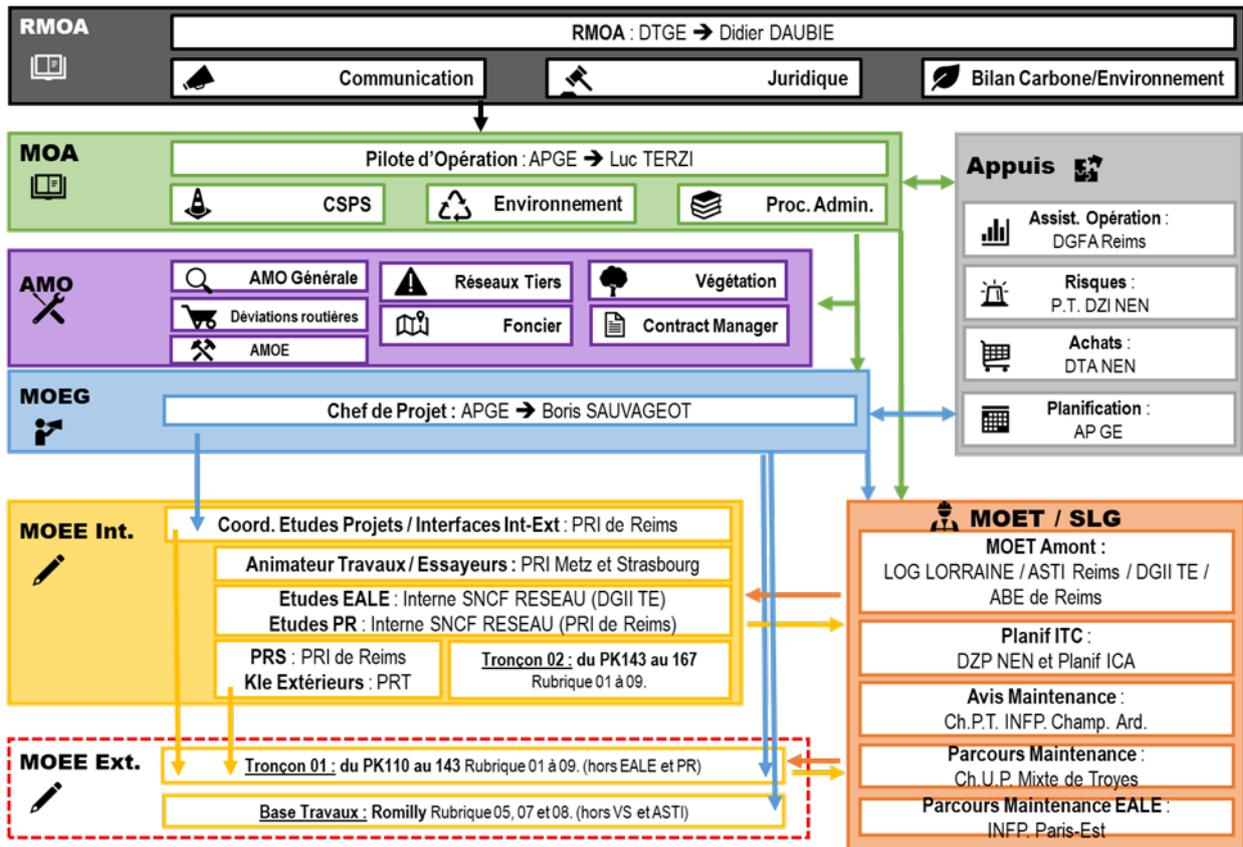


Afin de faciliter l'appropriation et l'application de ces standards, des guides de mise en œuvre ont également été développés ou mis à jour sous forme d'instructions générales (IG). La mission a pu prendre connaissance de certains d'entre eux pertinents pour l'analyse des coûts du projet :

- IG 00153 Coûts d'investissement pour les projets ferroviaires. Principes à mettre en œuvre pour les estimations ;
- IG 00064 Manager les risques des projets
- IG 00345 Guide d'estimation des budgets de maîtrise d'œuvre et de de maîtrise d'ouvrage

Le programme Excellence Projet contribue ainsi à améliorer l'estimation des coûts de projets, leur suivi et leur estimation à terminaison afin d'éviter les sous-estimations significatives de budget et les évolutions de coût à l'issue de la phase AVP lors des études PRO et en phase REA

Figure 5 : Organigramme du projet



Entités :

- RMOA : Responsable Maitrise d’Ouvrage
- DTGE : Direction Technique Grand Est
- MOA : Maitrise d’Ouvrage
- AMO : Assistance à Maitrise d’Ouvrage
- MOEG : Maitrise d’Œuvre Générale
- MOEE Int. : Maitrise d’Œuvre Études Interne
- MOEE Ext. Maitrise d’Œuvre Études Externe
- MOET/SLG : Maitrise d’Œuvre Travaux et Sécurité Logistique

Conclusion

Le protocole relatif au financement des travaux d'électrification de la ligne Paris-Troyes, signé en 2016, indique le coût global de réalisation de chacune des deux phases, mais il ne comporte aucune répartition détaillée entre les différents postes. Il apparaît que les coûts prévisionnels détaillés de référence de la phase 2, correspondant aux études d'avant-projet, n'ont pas été établis avec un niveau de fiabilité satisfaisant ni discutés entre les partenaires de l'opération lors de l'établissement du protocole.

Les études d'avant-projet, réalisées avant le phasage de l'opération, sont anciennes et comportent des insuffisances structurelles : une sous-estimation globale (déjà constatée sur la première phase de l'opération), liée à l'organisation et aux méthodes de travail de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre en 2011 ; des lacunes sur les données d'entrée, particulièrement impactantes sur le périmètre de la seconde phase.

Bien que le programme fonctionnel de l'opération soit sensiblement identique à celui de l'avant-projet, le coût prévisionnel de réalisation de 190,4 M€ aux conditions économiques de juin 2010, résultant des études de projet, intègre des évolutions significatives, par rapport à l'avant-projet et aux conditions de réalisation sous-jacentes du protocole de financement :

- Les travaux de la seconde phase sont réalisés après la mise en service de la première phase, alors qu'ils devaient être en partie concomitants avec ceux de la première phase ; afin d'accélérer leur réalisation à la demande des financeurs, des fermetures estivales sont prévues en 2025, 2026 et 2027, en complément des travaux de nuit ; ceci pèse en particulier sur les prestations de sécurité et de logistiques ferroviaires ;
- La prise en compte des résultats des sondages géotechniques montre des caractéristiques particulièrement défavorables dans de nombreux cas ; ceci a conduit à devoir reconsidérer le type d'interventions prévues pour dégager le gabarit des ouvrages d'art, qui doivent in fine faire l'objet d'une démolition et reconstruction à neuf pour plus de la moitié d'entre eux, alors qu'aucune intervention de cette nature n'était prévue ; cela a également induit, dans une moindre mesure, un renchérissement du génie civil des poteaux caténaires.

SNCF Réseau a fait des efforts notables pour limiter les impacts de ces évolutions sur le coût prévisionnel. Il a ainsi optimisé le projet (schéma d'alimentation électrique, signalisation...) et surtout pris en charge une partie des travaux dans le cadre de programmes de régénération : 7,8 M€₂₀₁₀ pour les ouvrages d'art ; 6,9 M€₂₀₁₀ pour le remplacement des câbles de signalisation ; 0,3 M€₂₀₁₀ pour l'aménagement des voies du terminus provisoire de Nogent-sur-Seine.

L'estimation du coût prévisionnel de réalisation, résultant des études de projet, apparaît robuste et établie avec le niveau de fiabilité attendu des process et référentiels de la démarche « Excellence Projet » de SNCF Réseau. La mission n'a pas identifié de coûts induit imputés à l'opération. Il convient toutefois de noter que la mise en place des substitutions routières pendant les fermetures estivales n'apparaît pas dans le coût prévisionnel de réalisation expertisé.

Luc Nguyen

Arnaud Zimmermann

Inspecteur

Inspecteur

Annexes

Annexe 1. Lettre de mission



Réf: MT/2024-02/6237

Paris, le 29.FEV. 2024

Le ministre délégué auprès du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires, chargé des transports

à

Monsieur le chef de service de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD)

Objet : Mission d'expertise relative aux coûts de l'opération d'électrification de la ligne Paris-Troyes, phase 2

Le projet ferroviaire d'électrification de la ligne entre Paris et Troyes est mis en service en ce qui concerne la première des deux phases de l'opération, inaugurée à l'été 2022. Les travaux de la seconde phase doivent être lancés début 2024.

En parallèle, le maître d'ouvrage du projet, SNCF Réseau, a présenté en avril 2023 un coût estimatif des travaux de la phase 2 d'environ 300 M€ courants. Cela constitue une très forte évolution (un quasi doublement en euros constants) par rapport aux prévisions établies lors de la signature entre les partenaires d'un protocole d'accord sur l'ensemble de l'opération le 13 septembre 2016.

La présidente de la Région Île-de-France et le président de la Région Grand Est ont adressé le 27 juin 2023 un courrier commun à ce sujet pour demander la réalisation par l'IGEDD d'une expertise sur l'origine de cette forte évolution du coût du projet.

Pour donner suite à cette demande, je souhaite confier à votre inspection une mission d'analyse des choix techniques et des événements qui ont conduit à l'estimation actuelle du projet. Elle devra apporter les éclairages nécessaires sur les origines des évolutions du montant prévisionnel de l'opération entre 2016 et aujourd'hui et sur la pertinence de la prise en charge au titre de l'opération des différents postes de dépenses identifiés. Elle permettra d'évaluer la cohérence des coûts du projet, tant en ce qui concerne les études que les travaux, au regard des coûts de projets comparables.

Les services de SNCF Réseau fourniront l'ensemble des données nécessaires à cette analyse, et notamment celles issues des études de projet, qui seront disponibles à la fin du mois de mars, et les éléments ayant servi à l'estimation de base figurant au protocole de 2016 (issue des études d'avant-projet).

1/2

Je souhaite que les conclusions de cette expertise puissent être connues et partagées avec l'ensemble des cofinanceurs du projet lors du prochain comité de pilotage qui sera programmé au mois de juin prochain. Ce comité aura en effet pour objectif de décider du conventionnement définitif du projet à mettre en place au troisième trimestre 2024 pour respecter le calendrier prévu. Le rapport de la mission devra donc être disponible à la fin du mois de mai.

Les membres de l'IGEDD que vous désignerez pour accomplir cette mission pourront s'appuyer sur les services de la direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités, en particulier la sous-direction des infrastructures ferroviaires.

Patrice VERGRIETE



Annexe 2. Liste des personnes rencontrées

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
DICIANNI	Bruno	DGITM - DTFFP	Sous-directeur des Infrastructures ferroviaires (IF)	20-03-2024 03-06-2024
GLANTENAY	Sylvain	DGITM – DTFFP - IF	Adjoint au chef du bureau du développement du réseau ferroviaire et des opérations contractualisées (IFC2)	20-03-2024 03-06-2024
PERRIN-CUVILIERS	Nicolas	DGITM – DTFFP –IF2	Chargé de projet	03-06-2024
BORY	Bertrand	DGITM – DTFFP -IF	Adjoint à la cheffe du bureau de la gestion du réseau ferroviaire national et des gares (IFC3)	12-06-2024
BANCEL	Olivier	SNCF Réseau	Directeur général exécutif Projets, Maintenance, Exploitation	19-04-2024
SCHNEIDER	Marc-Henri	SNCF Réseau – Direction territoriale Grand Est	Adjoint à la Directrice territoriale - Directeur du Pôle Stratégie Développement	12-04-2024 19-04-2024 26-04-2024 07-05-2024 31-05-2024 14-06-2024 26-06-2024

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
DAUBIE	Didier	SNCF Réseau – Direction territoriale Grand Est	Adjoint au Directeur du Pôle Stratégie Développement – Responsable de la MOA EG3 phase 2	12-04-2024 19-04-2024 26-04-2024 07-05-2024 31-05-2024 17-06-2024 26-06-2024
DIETSCHE	Christophe	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Agence Projet Grand Est	Adjoint au chef d'agence – Responsable des pilotes d'opération CCR et Développement	07-05-2024 31-05-2024 17-06-2024 18-08-2024 26-06-2024
COGNOT	Fabrice	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Agence Projet Grand Est	Responsable ingénierie	26-04-2024 31-05-2024
BERTHIER	Philippe	SNCF Réseau – DGII Direction technique du réseau	Responsable du département Traction Électrique	14-06-2024
BINOIS-DESJOUIS	Julie	SNCF Réseau – DGII Direction technique du réseau – Département Traction Électrique	Responsable Développement et Renouvellement Réseaux	14-06-2024
DELOGE	Denis	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Agence Projet Grand Est	Chef de l'Agence Grand Est	14-06-2024
TERZI	Luc	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Agence Projet Grand Est	Pilote de l'opération EG3 phase 2	14-06-2024

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
LEDUC	Davy	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Pôle technique	Référent analyse de risques	14-06-2024
CACHEUX	Renald	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie PRI Reims	Coordinateur des études de projet EG3 phase 2	17-06-2024 18-06-2024
RAUSA	Ricardo	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie PRI Reims	Ingénieur d'étude ouvrages d'art	17-06-2024
BELKHIR	Abdelaziz	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Pôle Production	Correspondant Ressources Méthodes Travaux (CRMT)	18-06-2024
SCHMITT	Yann	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie Pôle Production	Correspondant Ressources Méthodes Travaux (CRMT)	18-06-2024
OMARINI	Daniel	SNCF Réseau- INFRALOG Lorraine Pôle investissement Travaux	MOE travaux amont	18-06-2024
MANGARD	Richard	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie PRI Reims Groupe PR/ES	Agent d'études DEX, spécialise contrôle extérieur	18-06-2024
LAMBOTTE	Brice	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie PRI Reims Groupe PR/ES	Responsable du secteur estimation	18-06-2024

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
NEVEUX	Vincent	SNCF Réseau – Zone d'Ingénierie Nord Est Normandie PRI Reims Groupe PR/ES	Adjoint production	18-06-2024
BOLLA	Franck	SNCF Réseau – Direction Générale Ile-de-France Direction de la Modernisation et du Développement (DMD)	Responsable de la maîtrise d'ouvrage EG3 phase 1	18-06-2024
CAZIN-BOURGUIGNON	Patrick	DREAL Grand Est	Adjoint au directeur régional	05-06-2024
FELTMANN	Laurence	DREAL Grand Est – Service Transports	Adjointe au chef de service	05-06-2024
LOMBARD	David	DREAL Grand Est – Service Transports	Chef du pôle mobilité	05-06-2024
DENIAU	Christophe	DRIEAT IF – Service Politique des transports	Chef du service	14-06-2024
MARCAILLOU	Christine	DRIEAT IF – Service Politique des transports	Chargée de projet	14-06-2024
THIOUNN	Inravi	Conseil régional Ile-de-France – Pôle Aménagement-Transports Direction des Transports	Directeur	11-06-2024

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
MOLINA	Clément	Conseil régional Ile-de-France – Pôle Aménagement-Transports Direction des Transports	Chef du Service Transports collectifs ferrés	11-06-2024
UBEDA	Philippe	Conseil régional Ile-de-France – Pôle Aménagement-Transports Direction des Transports	Chargé de projet	11-06-2024
BECCHERLE	Julien	Conseil régional Grand Est	DGA mobilité	17-06-2024
NAAS	Jonathan	Conseil régional Grand Est	Adjoint au directeur du transport ferroviaire de voyageurs	17-06-2024
KURZ	Didier	Conseil régional Grand Est - Service Fret, Grands Équipements et Infrastructures - Direction des Investissements et des partenariats	Chef de projet	17-06-2024

Annexe 3. Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
DGITM	Direction générale des infrastructures
DTFFP	Direction des transports ferroviaires, fluviaux et des ports
DGII	Direction Générale Industrielle et Ingénierie (SNCF Réseau)
PRI	Pôle régional d'ingénierie (SNCF Réseau)
DREAL	Direction régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DRIEAT IF	Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports d'Ile-de-France
AVP	(Études d') Avant-projet
PRO	(Études de) Projet
MOA	Maître d'ouvrage
MOE	Maître d'œuvre
EAT	Estimation à terminaison
EG3	Électrification de la ligne Gretz (Paris) - Troyes

Annexe 4. Programme fonctionnel et estimation financière de l'avant-projet validé par le comité de pilotage du 12 février 2012

Les éléments du programme fonctionnel et technique sont extraits de la « note de présentation des études techniques » remise à l'issue des études d'avant-projet aux financeurs par le maître d'ouvrage (Réseau Ferré de France) pour le comité de pilotage du 12 février 2012. Ils ont été complétés par des précisions provenant du dossier d'avant-projet, permettant d'identifier plus facilement certains éléments mentionnés.

Les éléments correspondent à la proposition soumise à la validation du comité de pilotage et *a priori* validé, la mission n'ayant pu disposer du compte-rendu de réunion.

Le projet validé comprend le projet technique de base et l'option de banalisation de la voie V2 en gare de Troyes ; il retient comme modalité de réalisation, la variante en travaux de nuit sur toutes les sections et écarte la variante avec interruption de ligne entre Romilly-sur-Seine et Troyes (et travaux de nuit entre Gretz-Armainvilliers et Romilly-sur-Seine).

Le périmètre porte sur l'ensemble de l'opération, dans la mesure où le phasage n'est pas évoqué à cette date.

Description de la ligne

La ligne présente les caractéristiques suivantes :

- entre Gretz–Armainvilliers et Troyes : 128 km en double voie classe UIC 5 ;
- entre Longueville et Provins : 7 km en voie unique classe UIC 6 ;
- 68 passages supérieurs (59 ponts-routes, 1 tunnel, 8 passerelles), dont 29 en Ile-de-France et 39 en ex Champagne-Ardenne ;
- 61 passages à niveau, dont 36 en Ile-de-France et 25 en ex Champagne-Ardenne ;
- 23 Installations terminales embranchées (ITE) dont 11 en Ile-de-France et 12 en ex Champagne-Ardenne ;
- 10 gares, 7 en Ile-de-France et 3 en ex Champagne-Ardenne.

Le programme technique de base

Le périmètre d'électrification comprend :

- l'électrification des voies principales de Gretz-Armainvilliers jusqu'à Troyes ;
- l'électrification des voies principales de la ligne Longueville – Provins ;
- l'électrification des voies de service nécessaires à l'exploitation des trains voyageurs.

Alimentation électrique de la ligne

Les principales caractéristiques de la solution d'alimentation retenue sont les suivantes :

- alimentation électrique en 2x25 kV de la ligne de Gretz-Armainvilliers à Troyes ;
- alimentation en 1x25 kV de la ligne de Longueville à Provins ;
- réalisation d'une sous-station située à l'intersection de la ligne ferroviaire et de la ligne électrique haute tension RTE 225 KV sur la commune de Saint-Mesmin, dans l'Aube sur une emprise au sol d'environ 1,5 ha ;
- réalisation de 10 postes électriques (postes de traction et de mise en parallèle), sur des

emprises au sol unitaires de moins de 1 000 m².

Caténaire

La caténaire retenue pour les voies principales entre Paris et Troyes comme entre Longueville et Provins est la caténaire « type 85 » 25kV alternatif.

Environ 6 000 poteaux seront implantés le long de la voie sur le domaine ferroviaire, 320 km de fil de contact et de câble porteur seront déroulés, 300 km de câble feeder.

Ouvrages d'art

La caténaire est installée à hauteur fixe par rapport à la plateforme ferroviaire. Les ouvrages de franchissement supérieur de la voie ferrée (ponts route, passerelles, tunnel) doivent donc dégager cette hauteur verticale.

Pour les ouvrages ne dégageant pas cette hauteur, des travaux de rehaussement sont à prévoir. Ils incluent les travaux de rétablissement de la voirie.

Les travaux pour un pont route ou une passerelle peuvent se traduire soit par un relèvement de tablier, soit par un remplacement de tablier, soit par une démolition avec reconstruction d'un nouvel ouvrage. Les ouvrages modifiés seront relevés à l'identique.

Pour 5 ouvrages, la démolition sans reconstruction est prévue, avec pour chaque ouvrage supprimé, la mise en place des mesures de rétablissement de circulation routière ou piétonne adaptées. Ces mesures ont été appréciées en concertation avec les communes et les gestionnaires de voirie, elles ont été prises en compte dans le projet.

Il s'agit :

- du pont route (OA n°21) situé sur la commune de Gouaix desservant une parcelle agricole localisée entre la ligne Paris-Troyes et la ligne Flamboin-Montereau ; il ne pourra être reconstruit sur place ; ce pont est aujourd'hui utilisé par les seuls véhicules inférieurs à 2 tonnes, les autres empruntant déjà un autre itinéraire ;
- du pont route (OA n°23) situé sur la commune de Gouaix, qui n'est plus utilisé ; il n'a aujourd'hui plus de réalité fonctionnelle ; il n'est donc pas prévu de rétablir cet ouvrage ;
- de la passerelle piétonne (OA n°39) sur la commune de Saint-Hilaire-sous-Romilly : un aménagement piétonnier sera réalisé le long de la route et par le pont route à proximité (200 mètres environ),
- du pont route (OA n°50) sur la commune de Savières, où la principale mesure portera sur la création d'une voie d'accès au cimetière ;
- du pont route (OA n°52) sur la commune de Payns qui ne peut être reconstruit sur place, qui sera remplacé par une passerelle piétonne.

Sur les 68 ouvrages de franchissement supérieur concernés par le projet d'électrification, 42 sont concernés par des travaux, 19 en Seine-et-Marne dont 1 tunnel sur les 29 existants, 23 dans l'Aube sur les 39 existants.

Tous les passages supérieurs seront équipés d'écrans de protection caténaire.

Le tunnel des Bouchots sera démoli et un passage supérieur mixte pour rétablir la continuité d'accès et écologique (passage pour animaux sauvages) sera réalisé

Voie

Concernant les travaux de voies, les interventions consistent en :

- la rationalisation du plan de voie de Romilly en adéquation avec le remplacement du poste de signalisation ;

- l'abaissement de la voie sous 4 ouvrages d'art situés en entrée d'agglomération de Troyes :
 - ouvrage (OA n°60) sous la rue du Général Sarrail ;
 - ouvrage (OA n°61) sous la voie piétonne entre l'avenue Marie de Champagne et l'avenue Marguerite Flavien-Buffard ;
 - ouvrage (OA n°62) sous l'avenue Marguerite Flavien-Buffard ;
 - ouvrage (OA n°63) sous la rue du lieutenant Pierre Murard ;
- l'abaissement de la voie sous l'ouvrage d'art (OA n°14) supportant la RN 19 sur la commune de Provins (ligne Longueville – Provins).

Installations de signalisation

Pour adapter les installations de signalisation à l'électrification de la ligne, il est prévu :

- de remplacer les circuits de voies ;
- de remplacer les câbles de signalisation ;
- d'équiper la section de ligne en KVB (contrôle de vitesse par balise) ;
- de modifier la signalisation pour la création des sections de séparation nécessaires ;
- d'assurer la protection des installations de signalisation, et du personnel ;
- de remplacer le poste d'aiguillage de Romilly-sur-Seine.

Installations de télécommunication

Les principales modifications concernent :

- l'adaptation des installations de télécommunication de Gretz et Troyes et de Longueville à Provins ;
- la création des dessertes téléphoniques nécessitées par l'électrification : postes téléphoniques fixes à trois directions pour permettre aux agents d'intervention, de maintenance et aux conducteurs de communiquer avec le poste de régulation ou le Central Sous Station ;
- l'adaptation des circuits de transmission et câbles.

Bâtiment, voies routières, réseaux et divers

Les modifications concernent :

- le rétablissement de voirie sur les ouvrages d'art rehaussés ;
- les traitements des impacts sur les installations de télécommunication (France Télécom) du fait des éventuelles perturbations électromagnétiques induites par l'électrification ;
- les accès aux postes électriques et à la sous-station ;
- le bâtiment pour le nouveau poste de signalisation de Romilly-sur-Seine ;
- la création d'un bâtiment pour le personnel d'entretien des installations caténaire et d'alimentation.

Modalités de réalisation des travaux

Les travaux seront effectués de nuit sur toutes les sections.

- Réalisation des travaux caténaire / télécom / signalisation de nuit avec interception simultanée sur les 2 voies (sur plus de 8 heures continues) ;
- Une dizaine de weekend environ pour la démolition des ponts route ;

- 3 à 4 semaines d'interception entre Nangis et Provins pour le tunnel des Bouchots ;
- 5 à 6 semaines d'interception entre Romilly-sur-Seine et Troyes pour l'abaissement des voies sous les ponts route à Troyes.

L'option « Gare de Troyes : banalisation de la voie V2 »

La banalisation de la voie V2 en gare de Troyes rend possible la circulation des trains dans les deux sens en gare de Troyes sur la voie V2. La réalisation de ces travaux permettrait d'assurer la continuité du voyage de part et d'autres de Troyes par une correspondance de quai à quai entre un train origine / terminus Paris-Troyes et un train origine / terminus Troyes / au-delà de Troyes.

Estimation des travaux

Le programme technique de base, réalisé en travaux de nuit sur tout l'itinéraire

La « note de présentation des études techniques » détaille l'estimation comme suit :

En M€ HT (CE juin 2010)	Estimation du coût prévisionnelle provisoire de réalisation
Foncier Travaux	187,2 M€
Etudes de maîtrise d'œuvre, pilotage du projet, maîtrise d'ouvrage, études d'avant-projet et procédures administratives, acquisitions de données	37,4 M€
Coût brut	224,6 M€
Provision pour risques	9,4 M€
Coût net	234 M€

Sources : note de présentation des études techniques, RFF, 2012

L'option « Gare de Troyes : banalisation de la voie V2 »

La « note de présentation des études techniques » fournit un montant sans détails : 1,3 M€ (CE juin 2010).

L'estimation consolidée du programme technique de base réalisé en travaux de nuit sur tout l'itinéraire et avec l'option « Gare de Troyes : banalisation de la voie V2 »

L'estimation consolidée de la « note de présentation des études techniques » est inférieure de 0,3 M€ à la somme des estimations séparées du programme technique de base et de l'option. L'estimation consolidée de la note est reproduite ci-après :

En M€ HT (CE juin 2010)	Estimation du coût prévisionnelle provisoire de réalisation
Foncier Travaux	188,2 M€
Etudes de maîtrise d'œuvre, pilotage du projet, maîtrise d'ouvrage, études d'avant-projet et procédures administratives, acquisitions de données	37,4 M€
Coût brut	225,6 M€
Provision pour risques	9,4 M€
Coût net	235 M€

Sources : note de présentation des études techniques, RFF, 2012

Annexe 5. Estimations détaillées de l'avant-projet

Le coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR) du projet d'ensemble

L'analyse croisée des éléments de l'estimation détaillée du dossier de l'avant-projet (AVP) de 2011 avec les éléments de la « note de présentation des études techniques » de 2012 établie par le maître d'ouvrage (RFF) fait apparaître quelques points notables :

- L'estimation détaillée du coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR) n'est disponible dans le dossier d'avant-projet que sur le programme technique de base, réalisé en travaux de nuit sur tout l'itinéraire ; l'estimation n'est pas disponible pour le projet intégrant l'option « Gare de Troyes : banalisation de la voie 2 » retenue par le comité de pilotage en 2012.
- Le montant cumulé des postes relatifs au foncier et aux travaux est supérieur de 0,3 M€ (CE 06/2010) dans l'estimation de l'avant-projet par rapport à l'estimation correspondante de la « note de présentation des études techniques ».
- A l'inverse, le montant des prestations intellectuelles est inférieur de 4,6 M€ (CE 06/2010) dans l'estimation de l'avant-projet, sachant que ce montant n'intègre *a priori* pas le coût des études d'avant-projet, alors qu'il est explicitement indiqué dans la « note de présentation des études techniques », sans pour autant en préciser le montant.
- Enfin, la « note de présentation des études techniques » fait apparaître un montant de 9,4 M€ (CE 06/2010) pour la provision pour risques ; le dossier d'avant-projet ne traite pas ce sujet.

La mission a consolidé les éléments de deux documents précités pour établir le détail du coût prévisionnel provisoire de réalisation de l'électrification de la ligne Paris-Troyes dans la configuration validée par le comité de pilotage du 12 février 2012 (cf. Tableau 11).

Tableau 12 : Coût prévisionnel provisoire de réalisation de l'électrification de la ligne Paris-Troyes avant phasage

Coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR)			
	M€ CE 06/2010		Sources et observations
Foncier	1,0	1,0	Estimation AVP 2011
Libération des emprises	3,4	3,4	Estimation AVP 2011
Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)	36,9		Estimation AVP 2011 (valorisation SNCF E* par pourcentage) ; 25% du MBP
Ouvrages d'art et ouvrages en terre	22,4	26,7	Estimation AVP 2011
dont Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)		4,3	16% du poste "Ouvrage d'art et en terre"
Voie	1,4	2,1	Estimation AVP 2011
dont Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)		0,7	33% du poste "Voie"
Signalisation et installations de sécurité	28,2	41,3	Estimation AVP 2011 + 1 M€ option banalisation V2 Troyes (note RFF 2012)
dont Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)		13,1	32% du poste "Signalisation et installation de sécurité"
Télécommunications	3,4	3,6	Estimation AVP 2011
dont Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)		0,2	6% du poste "Télécommunications"
Installations de traction électrique	91,8	110,4	Estimation AVP 2011
dont sous-stations (Coubert et Saint-Mesmin)	9,1	9,1	
dont postes de traction et autres équipements	22,2	22,2	
dont caténaires	60,5	60,5	
dont Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)		18,6	17% du poste "Installations de traction électrique"
MONTANT BRUT PRINCIPAL (MBP)	188,5	188,5	
Provision pour risques (PR)	9,4	9,4	Montant repris de la note RFF 2012 (Calcul Taux : 5,0% du MBP)
MOA	8,7	8,7	Estimation AVP 2011 (Calcul Taux : 4,4% du MBP + PR)
MOE	23,6	23,6	Estimation AVP 2011 (Calcul Taux : 11,9% du MBP + PR)
Acquisitions de données	0,5	0,5	Estimation AVP 2011
AVP	4,3	4,3	Montant extrapolé de la note RFF 2012
TOTAL	235,0	235,0	Montant repris de la note RFF 2012

*SNCF E : prestations de SNCF Entreprise

Source : AVP 2011, note RFF de présentation des études techniques 2012 - Traitement : mission

Le coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR) de chacune des deux phases

L'État et les collectivités locales des régions Ile-de-France et Grand Est intéressées au projet d'électrification de la ligne Paris-Troyes ont signé le 13 septembre 2016 un protocole relatif au financement des travaux d'électrification des deux phases.

Pour chaque phase, le protocole indique un coût global de réalisation en euros aux conditions économiques de juin 2010 et un montant en euros courants avec l'hypothèse d'une réalisation de l'ensemble des travaux de 2016 à 2022 (cf. Tableau 1, partie 1). Le protocole ne comporte cependant aucune annexe détaillée de la répartition du coût global de réalisation selon différents postes de dépenses.

SNCF Réseau a transmis à la mission le document de répartition des postes de dépenses entre les phases 1 et 2 que le maître d'ouvrage utilise comme référence de l'avant-projet pour le suivi financier de l'opération avec les financeurs (cf. Tableau 12).

Tableau 13 : Répartition entre les phases 1 et 2 des estimations de l'avant-projet

Electrification GRETZ TROYES Phase 1		Electrification GRETZ TROYES Phase 2	
TABLEAU DE SYNTHESE DES ESTIMATIONS AVP (CPPR)		TABLEAU DE SYNTHESE DES ESTIMATIONS AVP (CPPR)	
Postes	CE juin 2010 - En € - Constant	Postes	CE juin 2010 - En € - Constant
FONCIER	468 000	FONCIER	486 200
1. AQUISITIONS DE DONNEES	0	1. AQUISITIONS DE DONNEES	0
2. INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES	88 149 392	2. INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES	68 596 211
Voies	371 000	Voies	942 000
Caténaires et EALE	57 622 165	Caténaires et EALE	41 380 261
Sous station de Coubert	3 034 080	Sous station de St Mesmin	7 524 000
Génie Civil et électrique sur IS	15 680 274	Génie Civil et électrique sur IS	16 618 951
Poste de Romilly	10 164 168		0
Télécoms + radio	1 277 705	Télécoms + radio	2 131 000
3. GENIE CIVIL : Ouvrages d'Art, Ouvrages en terr	15 138 613	3. GENIE CIVIL : Ouvrages d'Art, Ouvrages en terr	7 147 177
4 Tunnel des BOUCHOTS	1 224 251		0
5. LIBERATION D'EMPRISES	1 892 525	5. LIBERATION D'EMPRISES	1 615 000
PR (10%)	10 640 478	PR (10%)	7 735 839
MOE (13,56%)	15 871 337	MOE (13,56%)	11 538 777
Dépenses de MOAE1 (2%)	2 740 000	Dépenses de MOAE1 (2%)	1 900 000
Missions complémentaires E2	0	Missions complémentaires E2	0
MOAD (2,5%)	3 403 115	MOAD (2,5%)	2 475 480
MOA (0,5%)	494 487	MOA (0,5%)	507 473
MONTANT TOTAL PROJET :	140 022 198	MONTANT TOTAL PROJET :	102 002 158

Source : SNCF Réseau

La comparaison de ce document avec les estimations de l'avant-projet global fait apparaître quelques écarts (cf. Tableau 13) :

- Le montant cumulé des deux phases est supérieur de 7 M€ CE 06/2021 par rapport au montant du projet non phasé ;
- Le cumul des postes relatifs au foncier et aux travaux est diminution de 3,8 M€ CE 06/2010, essentiellement portée par le poste relatif aux ouvrages d'art et en terre (-3,2 M€ CE 06/2010) ;
- En parallèle, la provision pour risques du projet est réévaluée à la hausse (+9 M€ CE 06/2010) ;
- Les frais de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre augmentent de 6,6 M€ CE 06/2010 avec en parallèle la disparition des postes spécifiques aux acquisitions de données et la

réalisation de l'avant-projet.

Tableau 14 : Coût prévisionnel provisoire de réalisation des deux phases de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPR)						
M€ CE 06/2010	AVP projet global	Phase 1	Phase 2	Phase 1 + Phase 2	Ecart (Ph 1 + Ph 2) / AVP	Observations
Foncier	1,0	0,5	0,5	1,0	0,0	
Libération des emprises	3,4	1,9	1,6	3,5	0,1	
Ouvrages d'art et ouvrages en terre	26,7	16,4	7,1	23,5	-3,2	
Voie	2,1	0,4	0,9	1,3	-0,8	
Signalisation et installations de sécurité	41,3	25,8	16,6	42,5	1,2	
Télécommunications	3,6	1,3	2,1	3,4	-0,2	
Installations de traction électrique	110,4	60,7	48,9	109,6	-0,8	
dont sous-stations (Coubert et Saint-Mesmin)	10,9	3,0	7,5	10,6	-0,4	
dont postes de traction et autres équipements	26,7					
dont caténaïres	72,8	57,6	41,4	99,0	-0,5	
MONTANT BRUT PRINCIPAL (MBP)	188,5	106,9	77,8	184,7	-3,8	
Provision pour risques (PR)	9,4	10,6	7,7	18,4	9,0	Taux : 10,0% du MBP
MOA	8,7	6,6	4,9	11,5	2,8	Taux: 5,7% du MBP + PR
MOE	23,6	15,9	11,5	27,4	3,8	Taux: 13,5% du MBP + PR
Acquisitions de données	0,5			0,0	-0,5	
AVP	4,3			0,0	-4,3	
TOTAL	235,0	140,0	102,0	242,0	7,0	

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

Par ailleurs, le document de répartition des postes de dépenses entre les phases 1 et 2 ne fait pas apparaître spécifiquement le poste relatif aux prestations de sécurité et de logistique ferroviaire. La mission s'est appuyée sur le détail disponible au niveau du coût prévisionnel provisoire avant phasage pour extrapoler sur les postes de travaux de chaque phase les taux calculés sur le projet global et indiqués dans le Tableau 11. Elle a ainsi pu proposer un découpage du coût prévisionnel provisoire de réalisation des deux phases faisant apparaître distinctement les prestations de sécurité et de logistique ferroviaire (cf. Tableau 14).

Tableau 15 : Coût prévisionnel provisoire de réalisation des deux phases de l'électrification de la ligne Paris-Troyes, avec distinction des prestations de sécurité et de logistique ferroviaire

	AVP projet global	Phase 1	Phase 2	Phase 1 + Phase 2	Ecart (Ph 1 + Ph 2) / AVP	Observations
Foncier	1,0	0,5	0,5	1,0	0,0	
Libération des emprises	3,4	1,9	1,6	3,5	0,1	
Sécurité, logistique (SNCF E, bases travaux)	36,9	21,2	15,1	36,3	-0,6	Montant calculé pour chaque phase par application des taux par poste de travaux du CPR avant phasage
Ouvrages d'art et ouvrages en terre	22,4	13,7	6,0	19,7	-2,7	
Voie	1,4	0,2	0,6	0,9	-0,5	
Signalisation et installations de sécurité	28,2	17,6	11,3	29,0	0,8	
Télécommunications	3,4	1,2	2,0	3,2	-0,2	
Installations de traction électrique	91,8	50,4	40,7	91,1	-0,7	
dont sous-stations (Coubert et Saint-Mesmin)	9,1	2,5	6,3	8,8	-0,3	
dont postes de traction et autres équipements	22,2					
dont caténaïres	60,5	47,9	34,4	82,3	-0,4	
MONTANT BRUT PRINCIPAL (MBP)	188,5	106,9	77,8	184,7	-3,8	
Provision pour risques (PR)	9,4	10,6	7,7	18,4	9,0	Taux : 10,0% du MBP
MOA	8,7	6,6	4,9	11,5	2,8	Taux: 5,7% du MBP + PR
MOE	23,6	15,9	11,5	27,4	3,8	Taux: 13,5% du MBP + PR
Acquisitions de données	0,5			0,0	-0,5	
AVP	4,3			0,0	-4,3	
TOTAL	235,0	140,0	102,0	242,0	7,0	

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

Vérification de cohérence avec les estimations de SNCF Réseau ayant alimentées la mission du CGEDD de 2015, relative au financement d'une première phase

Le protocole relatif au financement des travaux d'électrification des deux phases fait suite aux travaux de la mission du CGEDD de 2015¹² qui portaient sur le financement d'une première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes. Le rapport de la mission exposait six scénarios avec pour chacun d'eux le contenu fonctionnel de la première phase ainsi que son montant ; il privilégiait deux scénarios et l'un d'eux a été retenu par le comité de pilotage de l'opération le 5 octobre 2015.

Le contenu de la première phase comprend ainsi :

- L'électrification du tronçon entre Gretz-Armainvilliers et Nogent-sur-Seine et du tronçon entre Longueville et Provins ;
- La rénovation du poste de signalisation de Romilly-sur-Seine ;
- La reprise du pont routier (OA n°42) à Romilly-sur-Seine ;
- La reprise de deux ponts-routiers (OA n°58 et n°59) à la Chapelle-Saint-Luc et la reprise de la passerelle « Begand » (OA n°66) en proximité de la gare de Troyes.

La mission du CGEDD et le protocole de financement prennent tous deux comme référence les études d'avant-projet finalisées en 2011 par le maître d'ouvrage Réseau ferré de France (RFF) et qui ont été présentées aux financeurs lors du comité de pilotage du 12 février 2012.

Le rapport de la mission du CGEDD comporte en annexe une note de SNCF Réseau du 21 avril 2015 (Note de Synthèse pour mission CGEDD – Note 5 : Détail des estimations) qui présente une ventilation par éléments fonctionnels et géographiques de l'estimation de l'avant-projet (cf. Tableau 17).

En l'absence de ventilation détaillée pour chacune des deux phases, la mission a essayé de faire l'exercice, en formulant des hypothèses de répartition (cf. Tableau 18). Il apparaît qu'il n'est pas possible, avec les estimations disponibles, de reconstituer un détail fiable des estimations de chacune des phases de l'opération à l'issue des travaux de phasage. La mission du CGEDD s'est concentrée en 2015 sur la recherche de faisabilité d'une première phase de réalisation et de l'enveloppe financière nécessaire. On peut penser que la finalisation des estimations financières aurait dû être menée lors de l'établissement du protocole financier couvrant les deux phases de l'opération, mais ce n'a pas été le cas.

La seule exploitation relativement éclairante que la mission a pu faire porte sur les estimations des ouvrages d'art, dans la mesure où un bordereau des coûts par ouvrage d'art figurait dans la note de SNCF Réseau. A l'appui de cette liste et du recensement des ouvrages d'art concernés par chaque phase, la mission a pu déterminer les montants des phases 1 et 2 qui seraient comparables au montant du coût prévisionnel provisoire de réalisation (CPPR) (cf.

¹² Rapport n°010187-01 : Financement d'une première phase de l'électrification de la ligne ferroviaire Paris-Troyes

Tableau 15).

Il ressort que le document de référence pour la répartition des postes entre les deux phases a globalement sous-évalué le montant du poste « ouvrages d'art et en terre » et que cette sous-évaluation se concentre exclusivement sur la phase 2 (la phase 1 étant même un peu surévaluée).

Tableau 16 : comparaison des estimations du poste « ouvrages d'art et en terre » des deux phases selon trois documents du maître d'ouvrage

	Phase 1	Phase 2	Phase 1 + Phase 2
Montant du poste « Ouvrages d'art et en terre » du Coût prévisionnel provisoire de réalisation			26,7 M€
Estimation issue de la note de SNCF Réseau du 21 avril 2015, annexée au rapport du CGEDD (Montant corrigé des taux de provision pour risques, de MOE et de MOA de l'avant-projet)¹³	15,9 M€	10,1 M€	26,0 M€
Répartition selon le document interne de SNCF Réseau	16,4 M€	7,1 M€	23,5 M€
Écart Répartition par rapport à Estimation	+ 0,5 M€	- 3,0 M€	- 2,5 M€

Sources : SNCF Réseau – Traitement : mission

La mission a pu également calculer le coût moyen des différentes interventions prévues sur les ouvrages d'art, en prenant comme base les estimations issues de l'avant-projet. Le Tableau 16 montre des variations de coûts significatives et un facteur trois entre la solution la moins onéreuse de relevage de tablier et celle de la démolition et reconstruction d'un ouvrage neuf, proche d'un million d'euro.

Tableau 17: Coût moyen des différentes interventions sur les ouvrages d'art (montants corrigés des taux de provision pour risques, de MOE et de MOA de l'avant-projet)

M€ CE 06/2010	Coût moyen	Min - Max
Abaissement de voie	0,47 M€	0,23 M€ - 0,70 M€
Pose de caténaires	0,02 M€	0,01 M€ - 0,07 M€
Relevage de tablier	0,27 M€	0,1 M€ - 0,39 M€
Remplacement et relevage de tablier	0,57 M€	0,34 M€ - 1,36 M€
Démolition	0,15 M€	0,07 M€ - 0,35 M€
Démolition et reconstruction d'un ouvrage neuf (hors tunnel des Bouchots)	0,79 M€	0,56 M€ - 1,3 M€

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

¹³ La note de SNCF Réseau présente une ventilation par éléments fonctionnels et géographiques de l'estimation de l'avant-projet. Les montants qui y figurent intègrent la provision pour risques, les frais de MOE et les frais de MOA. La mission a corrigé ces montants en prenant comme hypothèse les taux calculés sur le coût provisoire prévisionnel du projet global. Ces taux sont indiqués dans le Tableau 11.

Tableau 18 : Ventilation par éléments fonctionnels et géographiques de l'estimation de l'avant-projet

Eléments à titre indicatif issus de la variante retenue à l'issue du COPIL de février 2012	Euros constants aux CE juin 2010	Euros courants avec mise en service en 2021 et PR10	Estimation unitaire ou linéaire ?
Terminus de Provins (y compris caténaire et voies de service voyageurs à Provins et à Longueville)	2 900	4 000	Unitaire
Terminus de Troyes (y compris caténaire et voies de service voyageurs)	6 300	8 400	Unitaire
Brigade caténaire	2 500	3 400	Unitaire
Ponts-routes du 77 (y compris rétablissement des chaussées associés)	10 000	13 200	Voir liste ci-après
Tunnel des Bouchots (suppression)	2 600	3 500	Unitaire
Ponts-routes de l'Aube (y compris rétablissement des chaussées associés)	19 300	25 800	Voir liste ci-après
Ouvrage abaissé à Provins	300	350	Unitaire
Poste de Romilly	14 300	19 000	Unitaire
Caténaire (hors terminus de Troyes et de Provins)	100 700	133 700	Estimation linéaire
Sous-station et postes de tension	23 100	30 700	1 sous station et 10 postes
Tvx télécom	4 400	5 900	Estimation linéaire
Tvx signalisation (hors poste de Romilly)	37 100	49 300	Estimation linéaire
Autres travaux (libération d'emprise, travaux préparatoires, installations de chantier, etc.) et acquisitions foncières	7 000	9 300	Unitaire
AVP	4 400	4 400	Unitaire
TOTAL (arrondi)	235 300	310 000	

Source : annexe SNCF Réseau du rapport sur le financement d'une première phase de l'électrification Paris-Troyes, CGEDD 2015

Tableau 19: Ventilation selon les deux phases des éléments fonctionnels et géographiques de l'estimation de l'avant-projet

M€ CE 06/2010	Note RFF 2015	Phase 1	Phase 2	Observations
Terminus de Provins (yc caténaire et voies de service voyageurs à Provins et à Longueville)	2,9	2,9		
Terminus de Troyes (y compris caténaire et voies de service voyageurs)	6,3		6,3	
Brigade caténaire	2,5	2,5		
Ponts-routes de Seine-et-Marne (yc rétablissement des chaussées associées)	10,0	10,0		
Tunnel des Bouchots (suppression)	2,6	2,6		
Ponts-routes de l'Aube (yc rétablissement des chaussées associées)	19,3	6,9	12,4	Ventilation des montants détaillés par OA
Ouvrage abaissé à Provins	0,3	0,3		
Poste de Romilly	14,3	14,3		
Caténaire (hors terminus de Troyes et de Provins)	100,7	56,6	44,1	Ventilation au prorata du linéaire de ligne
Sous-station (1) et postes (10) de tension	23,1	11,2	11,9	Hypothèse mission : sous-station = 7,1 M€ ; poste = 1,6 M€
Tvx télécom	4,4	2,5	1,9	Ventilation au prorata du linéaire de ligne
Tvx signalisation (hors poste de Romilly)	37,1	20,9	16,2	Ventilation au prorata du linéaire de ligne
Autres travaux (libération d'emprises, travaux préparatoires, installations de chantier, etc.) et acquisitions foncières	7,0	4,3	2,7	Hypothèse arbitraire de la mission
Sous-total	230,5			
AVP	4,4	0,0	4,4	Hypothèse arbitraire de la mission
TOTAL	234,9	135,0	99,9	
Surcoût phasage	0,0	5,0	2,0	5 M€ pour raccordement Coubert (CR COPIL 5 oct 2015)
TOTAL yc surcoût phasage	234,9	140,0	101,9	

Source : annexe SNCF Réseau du rapport sur le financement d'une première phase de l'électrification Paris-Troyes – Traitement : mission

Annexe 6. Électrification de la ligne Paris-Troyes – Phase 1

Programme de travaux réalisé :

- Électrification de la ligne :
 - 73 km de voie double entre Gretz et Nogent ;
 - 7 km de voie unique de la ligne entre Longueville et Provins ;
- Raccordement à la sous-station électrique existante de Coubert ;
- Adaptation de la signalisation ;
- Refonte du poste de signalisation de Romilly-sur-Seine ;
- Adaptation de 38 ouvrages d'art dont la démolition du tunnel des Bouchots (l'intervention prévue sur l'ouvrage OA n°66 s n'a pas été réalisée et a été réintégrée dans la phase 2 de l'opération).

Calendrier de réalisation :

- Travaux préliminaires sur le poste de signalisation de Romilly : 2016 à 2019
- Démarrage des travaux : janvier 2019
- Mise en service : septembre 2022

Coût de réalisation

Tableau 20 : Coût de réalisation de la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes en phases d'avant-projet, de projet et à terminaison

M€ CE 06/2010	AVP	PRO	EAT	EAT corrigée de la crise sanitaire
Foncier et libération d'emprises	2,4 M€	3,0 M€	2,5 M€	2,5 M€
Traction Électrique (Caténaires et équipements d'alimentation électrique)	60,7 M€	71,0 M€	74,8 M€	67,6 M€
Ouvrages d'art et ouvrages en terre	16,4 M€	25,5 M€	31,2 M€	30,5 M€
Signalisation, Télécommunication, Voie	27,5 M€	34,8 M€	44,0 M€	42,6 M€
TOTAL TRAVAUX	106,9 M€	134,3 M€	152,4 M€	143,2 M€
Provision pour risques	10,6 M€	8,8 M€	-	-
RTE Saint-Mesmin	-	0,2 M€	-	-
MOE	15,9 M€	10,6 M€	16,6 M€	13,1 M€
MOA	6,6 M€	5,8 M€	4,7 M€	4,7 M€
TOTAL	140,0 M€	159,7 M€	173,8 M€	161,0 M€

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

Les principales causes d'évolution du coût de réalisation sont, selon les éléments que SNCF

Réseau a communiqué aux financeurs de l'opération :

- La crise sanitaire : celle-ci a provoqué des arrêts de chantier et la mise en place de dispositions spécifiques (coûts directs) ; elle a également induit des coûts indirects en raison de la replanification des activités et des rendements réduits ; SNCF Réseau a évalué les coûts liés à la crise sanitaire à 12,8 M€ CE 06/2010 (note de situation financière remise en octobre 2021) ;
- Des causes exogènes et des modifications de programme ;
- Des données manquantes ou erronées, et des aléas : la qualité et la complétude des données se sont avérées insuffisante selon le maître d'ouvrage.

Les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires (SNCF Entreprise) ont été affectées aux différents postes selon la clé de répartition suivante :

Ouvrages d'art et en terre	9,5 %
Traction électrique (EALÉ, caténaires)	42,4 %
Signalisation / Télécommunications / Voie	48,1 %
TOTAL	100,0 %

Tableau 21 : Coût de réalisation de la première phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes en phases d'avant-projet, de projet et à terminaison, en distinguant les prestations de sécurité et de logistique ferroviaires

M€ CE 06/2010	AVP	PRO	EAT	Evolution EAT / AVP
Foncier et libération d'emprises	2,4 M€	3,0 M€	2,5 M€	+ 4 %
Sécurité, logistique	21,2 M€	11,6 M€	28,0 M€	+ 32 %
Traction Électrique (Caténaires et équipements d'alimentation électrique)	50,4 M€	66,0 M€	62,9 M€	+ 25 %
Ouvrages d'art et ouvrages en terre	13,7 M€	24,4 M€	28,5 M€	+ 108 %
Signalisation, Télécommunication, Voie	19,1 M€	29,3 M€	30,5 M€	+ 60 %
TOTAL TRAVAUX	106,9 M€	134,3 M€	152,4 M€	+ 43 %
Provision pour risques	10,6 M€	8,8 M€	-	-
RTE Saint-Mesmin	-	0,2 M€	-	-
MOE	15,9 M€	10,6 M€	16,6 M€	+ 4 %
MOA	6,6 M€	5,8 M€	4,7 M€	- 29 %
TOTAL	140,0 M€	159,7 M€	173,8 M€	+ 24 %

Source : SNCF Réseau – Traitement : mission

Annexe 7. Financements des ouvrages d'art de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Tableau 22 : Répartition des financements des ouvrages d'art de la seconde phase de l'électrification de la ligne Paris-Troyes

Ouvrage	Financement EG3	Financement REGENERATION	Financement TIERS	Total général
OA34	37 584 €			37 584 €
OA35	1 019 343 €		247 221 €	1 266 564 €
OA36	37 584 €			37 584 €
OA37		200 286 €		200 286 €
OA38		555 484 €		555 484 €
OA39	121 381 €			121 381 €
OA40	4 715 171 €	231 420 €		4 946 591 €
OA41	2 549 013 €	316 680 €		2 865 693 €
OA43	32 499 €		299 373 €	331 872 €
OA44	2 022 256 €		659 510 €	2 681 766 €
OA45	514 771 €	73 080 €		587 851 €
OA46	1 255 462 €		243 733 €	1 499 195 €
OA47	42 568 €	426 307 €		468 875 €
OA48	1 501 278 €	505 470 €	166 289 €	2 173 037 €
OA49	1 043 247 €	121 800 €		1 165 047 €
OA50		167 565 €		167 565 €
OA51	1 325 812 €	121 800 €	256 429 €	1 704 041 €
OA52	42 045 €	503 457 €		545 502 €
OA53	1 196 497 €	121 800 €		1 318 297 €
OA54	33 754 €	1 341 914 €		1 375 668 €
OA55	1 200 151 €	133 980 €		1 334 131 €
OA56	33 754 €	1 201 584 €		1 235 338 €
OA57	110 839 €			110 839 €
OA60	553 636 €	487 108 €	103 296 €	1 144 040 €
OA61	2 412 742 €			2 412 742 €
OA62	4 992 193 €	304 500 €		5 296 693 €
OA63	453 362 €		39 123 €	492 485 €
OA64	77 155 €		184 039 €	261 194 €
OA66	3 299 249 €			3 299 249 €
SLG OA	4 009 756 €	1 009 209 €	293 225 €	5 312 190 €
Total général	34 633 102 €	7 823 444 €	2 492 238 €	44 948 784 €

Source : SNCF Réseau

Annexe 8. Dossier d'organisation de la MOE Travaux

The image shows a large, dense grid table, likely a project schedule or resource allocation chart. The table is mostly empty, with some faint text visible in the top-left corner. The grid is composed of many small cells, and there are several horizontal bands of yellow highlighting across the table. The top-left corner contains a small red box with the number '14' and some text, possibly a page number or section identifier.



Site internet de l'IGEDD :
« Les rapports de l'inspection »