



HAL
open science

Création de la ligne de tramway T6 : élaboration du programme des essais préalables à la mise en service

Noémie Clou

► **To cite this version:**

Noémie Clou. Création de la ligne de tramway T6 : élaboration du programme des essais préalables à la mise en service. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. dumas-02474473

HAL Id: dumas-02474473

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02474473>

Submitted on 11 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Travail de fin d'études

pour le diplôme d'ingénieur de l'École nationale des travaux publics de l'État

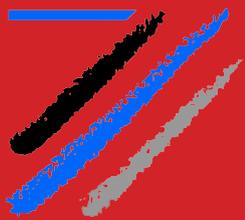
Année : 2016

Voie d'approfondissement :
Transports et Territoire

Noémie Clou

**Création de la ligne de tramway T6
Élaboration du programme des essais préliminaires à la mise
en service**

Confidentialité levée en 2018



ENTPE

École de l'aménagement
durable des territoires

Ministère de l'Écologie,
du Développement
Durable et de l'Énergie

Rue Maurice Audin
69 518 Vaulx-en-Velin

Téléphone :
+33 (0)4 72 04 70 70

Télécopie :
+33 (0)4 72 04 62 54

www.entpe.fr

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES

Organisme d'accueil

SYSTRA

Sujet du TFE

Création de la ligne de tramway T6

Élaboration du programme des essais
préalables à la mise en service

CLOU Noémie

Promotion 61

Transports et Territoire

Avril – Juillet 2016

Jury

PRESIDENT DE JURY : Olivier KLEIN (LAET)

ENCADRANT DE TFE : Antoine GOUVERNAIRE (Systra)

EXPERT TECHNIQUE : Serge BONNAND (Keolis Lyon)

Soutenance : Mercredi 7 Septembre 2016

NOTICE ANALYTIQUE

Auteur :	CLOU Noémie		
Titre du stage :	Travail de Fin d'Études (TFE)		
Organisme de stage et localisation :	Systra, Lyon (69), France		
Maître de TFE :	JACOB Ronald		
Encadrant de TFE :	GOUVERNAIRE Antoine		
Collation :	Rapport de 62 pages (38 pages effectives)	4 annexes (16 pages)	10 références bibliographiques
Mots-clés :	Essais, Études, Projet, Tramway, Transport		
Termes géographiques :	France, Rhône, Lyon		
Diffusion :	Rapport CONFIDENTIEL		
Résumé :	<p>Le phasage des essais préalables à la mise en service d'une nouvelle ligne de tramway permet de planifier leur déroulement et leurs éventuels impacts sur le réseau en exploitation. La programmation de ces essais très en amont de leur réalisation, dans le cadre du projet de création de la ligne de tramway T6, en fait une démarche novatrice dans la métropole lyonnaise. Ce document vise à comprendre la façon dont les enjeux portés par les différents acteurs de ce projet sont pris en compte lors de ce phasage. L'étude permet d'établir une hiérarchisation des différents enjeux, mais aussi de comparer trois méthodologies envisageables pour réaliser cette planification.</p>		
Abstract :	<p>The tests' planning preceding a new tramline's putting into service permits to schedule their run and their potential impacts on the used network. The planning of these tests carried out very in advance of their realisation, as part of the creation of the T6 tramline project, makes of it a new process in Lyon. This report aims to understand the way that the stakes supported by the different players of this project are taken into account during this scheduling. The study permits to establish a hierarchisation of the different stakes, but also to compare three possible methodologies to realise this planning.</p>		

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de TFE, Monsieur Ronald JACOB, directeur de projet de tramway T6 et responsable du groupement de maîtrise d'œuvre, et Monsieur Bernard CREPET, co-directeur de projet T6, qui ont bien voulu m'accueillir en tant que stagiaire et ont toujours pris soin de s'assurer du bon déroulement de mon stage. Ils m'ont confié des tâches très intéressantes tout au long de mon stage et m'ont ainsi permis d'évoluer sereinement au sein de l'entreprise.

Je remercie mon encadrant de TFE, Monsieur Antoine GOUVERNAIRE, ingénieur en exploitation, pour sa sympathie et la confiance qu'il m'a accordé. A ce même titre, je remercie Messieurs Florian TEDESCHI et Jean-Marie COUDERT, désormais ex-Systra, avec qui j'ai travaillé durant mon premier mois de stage.

Je souhaite également remercier l'ensemble des salariés que j'ai côtoyés et qui ont contribué au succès de mes missions, ainsi qu'à l'élargissement de mes connaissances – en particulier les responsables de marché du projet de tramway T6. Ils m'ont immédiatement considéré comme une employée de l'organisme et ont, par leur accueil, accéléré mon intégration.

J'ai eu le plaisir d'effectuer mon stage dans de très bonnes conditions et la chance d'avoir toujours eu des explications et des réponses claires lorsque je me posais des questions.

Je remercie enfin mon référent de stage à l'ENTPE, Monsieur Olivier KLEIN, directeur adjoint du Laboratoire d'Aménagement et d'Économie des Transports (LAET), et l'expert technique de ma soutenance, Monsieur Serge BONNAND, responsable de la formation chez Keolis Lyon, pour leur disponibilité.

GLOSSAIRE

AMO	Assistant à maîtrise d'ouvrage
AOT	Autorité organisatrice des transports
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
CDJ	Coffret électrique
CFO	Énergie courant fort (nom d'un marché)
DUP	Déclaration d'utilité publique
GBA	Glissière de sécurité en béton armé
GLO	Gabarit limite des obstacles : essai visant à vérifier qu'aucun obstacle n'empêche le passage des rames
GTC	Gestion technique centralisée (nom d'un marché)
HdV	Hôtel de ville
HLP	Haut-le-pied : circulation des rames en service non commercial
INFRA	Infrastructures (nom d'un marché)
LAC	Ligne aérienne de contact (nom d'un marché)
MOA	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'œuvre
OPE	Opérateur d'essais
PC(T)	Poste de commandes (des tramways)
PFV	Plateforme voie ferrée (nom d'un marché)
PGES	Programme général des essais du système de transport
PREPA BAL	Préparation et balisage (nom d'un marché)
PRT	Plan de remplacement des tramways
SAE	Système d'aide à l'exploitation (nom d'un marché)
SLT	Signalisation lumineuse tricolore (nom d'un marché)
SIGF	Signalisation ferroviaire (nom d'un marché)
SP	Service provisoire : exploitation partielle d'une ligne
SYTRAL	Syndicat des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise
TAV	Transmission, audio, vidéo (nom d'un marché)
TCL	Transports en commun lyonnais

TABLE DES MATIERES

NOTICE ANALYTIQUE.....	3
REMERCIEMENTS	4
GLOSSAIRE	5
TABLE DES MATIERES	6
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	7
INTRODUCTION.....	8
1. MISE EN CONTEXTE DE L'ETUDE.....	10
1.1 Un projet d'extension du réseau de tramway lyonnais.....	10
1.1.1 <i>La nouvelle ligne de tramway T6, un projet de rocade à l'est de la métropole</i>	<i>10</i>
1.1.2 <i>Cartographie du réseau de partenaires.....</i>	<i>12</i>
1.1.3 <i>Systra, mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre pour le projet T6.....</i>	<i>13</i>
1.2 Les essais des tramways	14
1.2.1 <i>Organisation classique des essais</i>	<i>14</i>
1.2.2 <i>Phasage des essais spécifique au projet de tramway T6.....</i>	<i>14</i>
1.3 Méthodologies d'élaboration du programme des interventions.....	16
1.3.1 <i>Première démarche : la minimisation des impacts sur l'exploitation</i>	<i>16</i>
1.3.2 <i>Deuxième démarche : la réduction du planning des interventions.....</i>	<i>17</i>
1.3.3 <i>Troisième démarche : un double objectif de minimisation des impacts et du planning</i>	<i>18</i>
2. DES ENJEUX MAJEURS PORTES PAR LA MAITRISE D'OUVRAGE ET LA MAITRISE D'ŒUVRE	22
2.1 Limiter les impacts sur le réseau en exploitation	22
2.1.1 <i>Des interventions impactantes dues aux travaux et aux essais de la nouvelle ligne</i>	<i>22</i>
2.1.2 <i>Des impacts nécessitant la mise en place de Plans de Remplacement des Tramways (PRT)</i>	<i>23</i>
2.2 Réduire le planning de l'opération	25
2.2.1 <i>Un planning global du projet à respecter</i>	<i>25</i>
2.2.2 <i>Un planning d'interventions ponctuelles à intégrer au mieux dans le planning général.....</i>	<i>26</i>
2.3 Limiter le coût du projet et le coût d'exploitation induit	27
2.3.1 <i>Analyse du coût du projet, un enjeu financier direct</i>	<i>27</i>
2.3.2 <i>Étude du coût d'exploitation engendré par le projet.....</i>	<i>28</i>
3. DES ENJEUX PORTES PAR LE DELEGATAIRE EXPLOITANT ET LES ENTREPRISES DE TRAVAUX.....	30
3.1 Détenir suffisamment de moyens matériels et humains, un enjeu limitant ?	30
3.1.1 <i>Des ressources de l'exploitant pour réaliser les essais dynamiques et instaurer les PRT</i>	<i>30</i>
3.1.2 <i>Des ressources requises auprès des entreprises pour la réalisation des travaux.....</i>	<i>33</i>
3.2 Des enjeux essentiels présentant un risque acceptable pour le maître d'ouvrage ?	34
3.2.1 <i>Des besoins d'exploitation supplémentaires pour répondre à une organisation spécifique.....</i>	<i>34</i>
3.2.2 <i>Des contraintes liées à la coactivité des entreprises de travaux</i>	<i>36</i>
3.3 Divers enjeux organisationnels, minimes à l'échelle d'un tel projet ?.....	36
3.3.1 <i>L'organisation des congés des agents d'exploitation et des ouvriers.....</i>	<i>37</i>
3.3.2 <i>L'organisation de la formation pratique des conducteurs de tramway sur la nouvelle ligne</i>	<i>37</i>
3.3.3 <i>Des contraintes liées au temps d'intervention disponible chaque nuit pour les entreprises</i>	<i>38</i>
4. CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE.....	40
4.1 Hiérarchisation et corrélation des enjeux	40
4.2 Synthèse de l'analyse comparative des trois démarches	42
4.3 Limites de l'exercice	44
4.4 Prolongements de l'étude	45
BIBLIOGRAPHIE.....	46
ANNEXES	47

TABLE DES ILLUSTRATIONS

ILLUSTRATION 1 : Plan de la nouvelle ligne de tramway T6.....	10
ILLUSTRATION 2 : Principaux jalons du projet de création de la ligne de tramway T6	11
ILLUSTRATION 3 : Interfaces de la future ligne de tramway T6 (rouge) avec le réseau existant (gris).....	11
ILLUSTRATION 4 : Schéma des acteurs du projet de tramway T6.....	12
ILLUSTRATION 5 : Tramway de Bordeaux, le premier sans caténaire (6).....	13
ILLUSTRATION 6 : Liens entre les enjeux d'élaboration du programme des interventions	41
ILLUSTRATION 7 : Diagramme de synthèse des principaux enjeux quantifiés pour les trois démarches.	43
TABLEAU 1 : Programme des interventions pour la coupure d'exploitation de la ligne T4 avant les travaux de l'intersection T4/T6 Beauvisage	19
TABLEAU 2 : Justification du type de nuits retenu et de la durée des interventions, pour l'exemple considéré	20
TABLEAU 3 : Comparaison des nuits d'interventions ponctuelles impactant l'exploitation	23
TABLEAU 4 : Comparaison des PRT induits par les interventions ponctuelles	24
TABLEAU 5 : Comparaison de la durée totale des interventions ponctuelles.....	26
TABLEAU 6 : Comparaison des moyens d'exploitation requis pour les essais dynamiques.....	31
TABLEAU 7 : Marchés requérant des moyens humains doublés pour l'application de la troisième démarche au projet T6	33
TABLEAU 8 : Planning illustratif pour la mutualisation des essais et de la formation pratique des conducteurs de tramway sur la zone de manœuvre T2-T5/T6 Desgenettes	38
TABLEAU 9 : Synthèse des enjeux et de leur importance pour chaque démarche considérée	42
TABLEAU 10 : Décompte des enjeux de chaque démarche selon leur importance supposée	43

INTRODUCTION

Le phasage des essais préalables à la mise en service d'une nouvelle ligne de tramway est une étape essentielle des projets d'extension du réseau lyonnais. Il s'agit du travail que j'ai mené durant mon stage de fin d'études au sein de la société Systra, mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre pour le projet de création de la ligne de tramway T6. Dans le cadre de ce projet, la programmation des essais très en amont de leur réalisation en fait une démarche novatrice dans la métropole lyonnaise. L'objectif de ce travail est multiple : planifier le déroulement des essais, évaluer les éventuels impacts qu'ils auront sur le réseau en exploitation afin d'anticiper leur gestion, mais aussi estimer les moyens matériels et humains qui seront sollicités pour la réalisation des essais dynamiques.

J'ai alors choisi de mener une réflexion autour de l'élaboration du programme des essais de la future ligne T6. En particulier, je me suis intéressée à la commande du maître d'ouvrage, qui vise à minimiser autant que possible les impacts sur le réseau de tramway existant, avec lequel la nouvelle ligne sera en interface. Cette démarche semble fixe pour l'ensemble des projets de tramway lyonnais, étant donné qu'elle a déjà été appliquée aux précédentes créations ou extensions de lignes, permettant ainsi une gestion objective de ces projets. Néanmoins, je me suis interrogée quant à la pertinence de cette méthodologie, compte tenu des enjeux politiques et financiers auxquels elle cherche à répondre.

Des démarches alternatives m'ont alors semblé envisageables, parmi lesquelles j'ai choisi d'en retenir deux. L'une d'entre elle a pour finalité de réduire le planning de réalisation des essais. L'autre a un double objectif de minimisation des impacts sur les lignes existantes et du planning de l'opération, grâce à une augmentation des moyens humains des entreprises de travaux. La question est désormais de savoir si ces méthodes sont plus « favorables » que celle mise en application sur le réseau lyonnais. Cette notion, largement subjective, devient alors source de divergences, dépendant effectivement du point de vue choisi (maître d'ouvrage, délégataire exploitant, maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux...) et révélant ainsi la complexité du sujet.

Nous sommes donc face à une problématique que ce document va tenter de résoudre : comment les enjeux portés par les différents acteurs du projet de création de la ligne de tramway T6 sont-ils pris en compte dans l'élaboration du programme des essais préalables à sa mise en service ?

C'est à travers l'étude des trois méthodologies proposées et leur application au projet de tramway T6 que nous allons tenter de répondre à cette question, tout au long de ce document. Ce dernier se veut avant tout scolaire, mettant en avant ma méthode d'analyse et le travail d'ingénieur fourni.

Dans le premier chapitre de ce rapport est présenté le contexte général dans lequel l'étude est menée. Le projet de création de la ligne de tramway T6 est d'abord exposé, ainsi que l'ensemble des acteurs qui y sont impliqués. Le déroulement des essais préalables à la mise en service de cette nouvelle ligne est ensuite décrit, avec une approche à la fois classique et spécifique à ce projet-là. Ce chapitre se termine par une présentation des trois méthodologies envisagées pour élaborer le programme des interventions, ainsi que leurs hypothèses.

Le deuxième chapitre vise à exposer les enjeux portés par le maître d'ouvrage et le groupement de maîtrise d'œuvre pour la réalisation du programme des essais. Chacun de ces enjeux fait l'objet d'une partie : la minimisation des impacts sur le réseau exploité, la réduction du planning

de l'opération, et la limitation du coût du projet et du coût d'exploitation induit. Ils sont analysés, dans la mesure du possible, à travers une double approche qualitative et quantitative.

Le chapitre suivant traite des enjeux que nous supposons défendus par le délégataire exploitant et les entreprises de travaux. Ils sont également abordés à travers une double approche, en fonction de l'importance qu'ils semblent avoir dans le choix du maître d'ouvrage. Ils sont relatifs aux ressources matérielles et humaines sollicitées et à diverses contraintes organisationnelles.

Pour finir, le dernier chapitre fournit les résultats de l'étude menée dans ce document, afin de répondre à la problématique. Il synthétise la hiérarchisation des enjeux, puis compare les trois méthodologies analysées pour réaliser la planification des interventions, permettant ainsi de justifier le choix retenu pour le projet de tramway T6. Les limites de la problématique sont également énoncées, ainsi que de potentiels prolongements de cette étude.

1. MISE EN CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Ce premier chapitre vise à exposer le contexte, tant spatial que temporel, dans lequel s'inscrit la problématique étudiée dans ce rapport. Il présente d'abord le projet de création de la ligne de tramway T6 et l'ensemble des acteurs impliqués dans ce projet, puis plus précisément l'entreprise dans laquelle j'ai réalisé mon stage de fin d'études. La partie suivante concerne les essais des tramways, avec d'une part une approche organisationnelle classique, et d'autre part le phasage des essais spécifiques que j'ai mis en œuvre durant mon stage sur le projet T6. Enfin, les trois méthodologies d'élaboration du programme des interventions et leurs hypothèses seront détaillées.

1.1 Un projet d'extension du réseau de tramway lyonnais

Cette première partie de mise en contexte présente, d'une part, le projet de nouvelle ligne de tramway sur lequel s'appuie l'étude menée dans ce document et, d'autre part, le réseau de partenaires impliqués dans ce projet. En particulier, un dernier paragraphe apporte des précisions sur l'entreprise mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre, Systra, où j'ai réalisé mon stage.

1.1.1 La nouvelle ligne de tramway T6, un projet de rocade à l'est de la métropole

Le projet de tramway entre Debourg et Hôpitaux Est, nommé T6, s'inscrit dans un projet plus large reliant Debourg à La Doua et formant ainsi une rocade à l'est de l'agglomération lyonnaise (1). Sa réalisation jusqu'aux Hôpitaux Est est inscrite en tant que projet structurant dans le plan de mandat 2015-2020 du SYTRAL.

Le tracé choisi entre Debourg et Hôpitaux Est est présenté sur l'ILLUSTRATION 1. Il s'étend sur 6,7 km et compte 13 nouvelles stations, en plus de la station Debourg qui sera reprise. Le tracé offre des correspondances optimales avec les métros B et D, ainsi qu'avec les lignes de tramway T1, T2, T4 et T5. Avec un temps de parcours de 22 minutes et une fréquence envisagée de 7 à 10 minutes, sa mise en service commerciale prévue à la fin de l'année 2019 devrait permettre d'atteindre une fréquentation de 24 600 voyageurs en 2020. Le budget prévisionnel s'élève à 160 millions d'euros HT, hors matériel roulant (2).

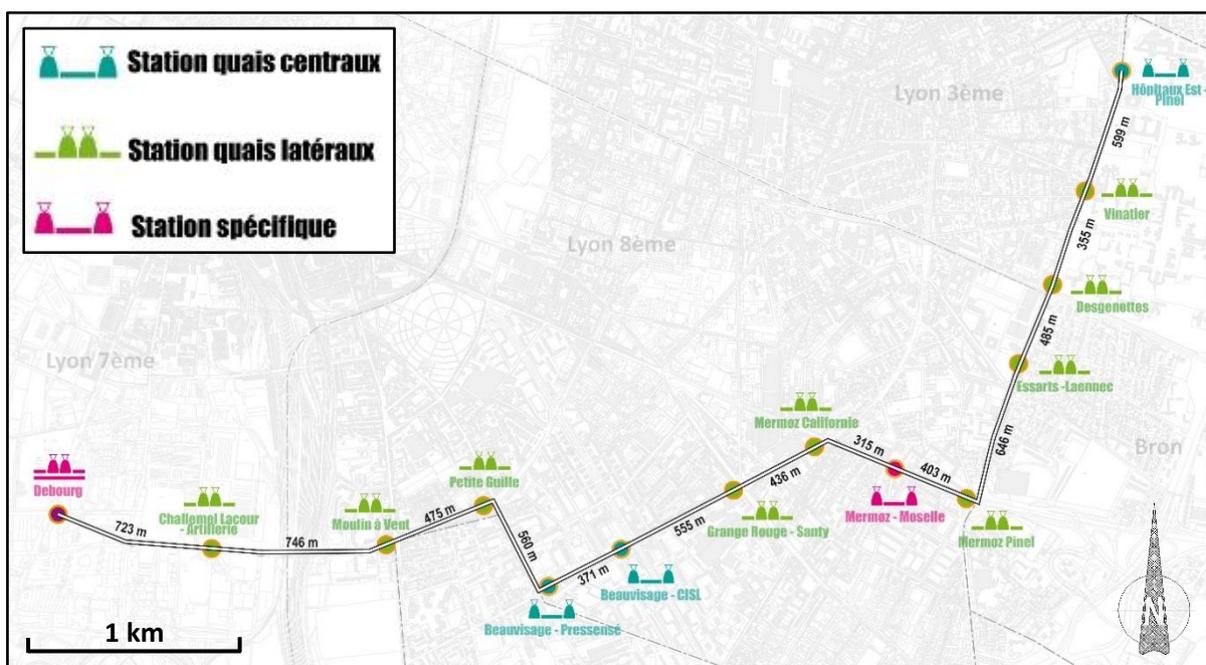


ILLUSTRATION 1 : Plan de la nouvelle ligne de tramway T6

La phase d'études projet s'est achevée durant mon stage, au début du mois de juillet 2016, et les marchés sont désormais en cours de définition. Notons que les principaux jalons du planning de l'opération sont les suivants :

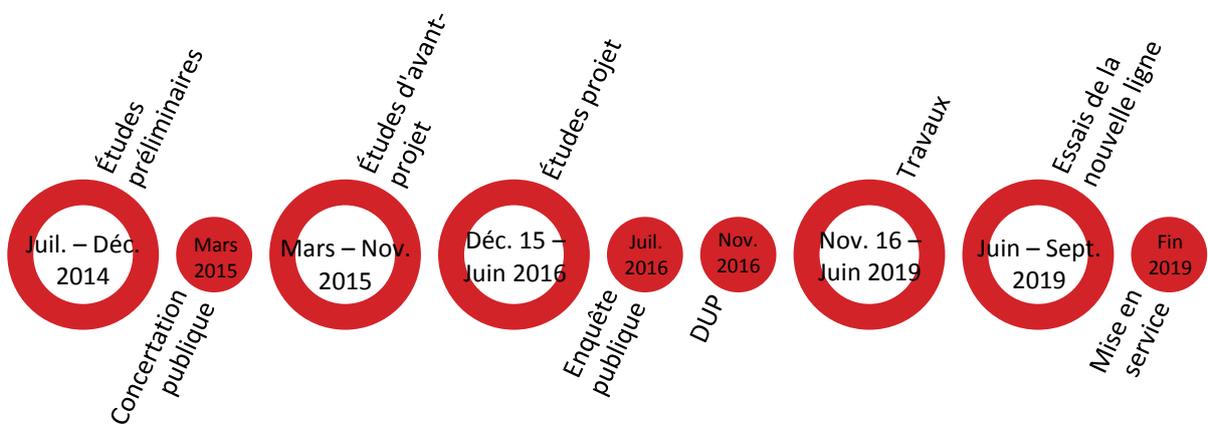


ILLUSTRATION 2 : Principaux jalons du projet de création de la ligne de tramway T6

Le projet T6 présente la particularité de s'interfacer avec trois infrastructures de tramway existantes : la ligne T1 à Debourg, les lignes T2 et T5 à Desgenettes, et la ligne T4 à Beauvisage-CISL (cf. ILLUSTRATION 3). Si ces interfaces offrent des correspondances optimales avec la plupart des lignes de tramway existantes, elles viennent également complexifier le projet, notamment la réalisation des travaux (construction d'infrastructures de raccordement, coupures d'exploitation...).

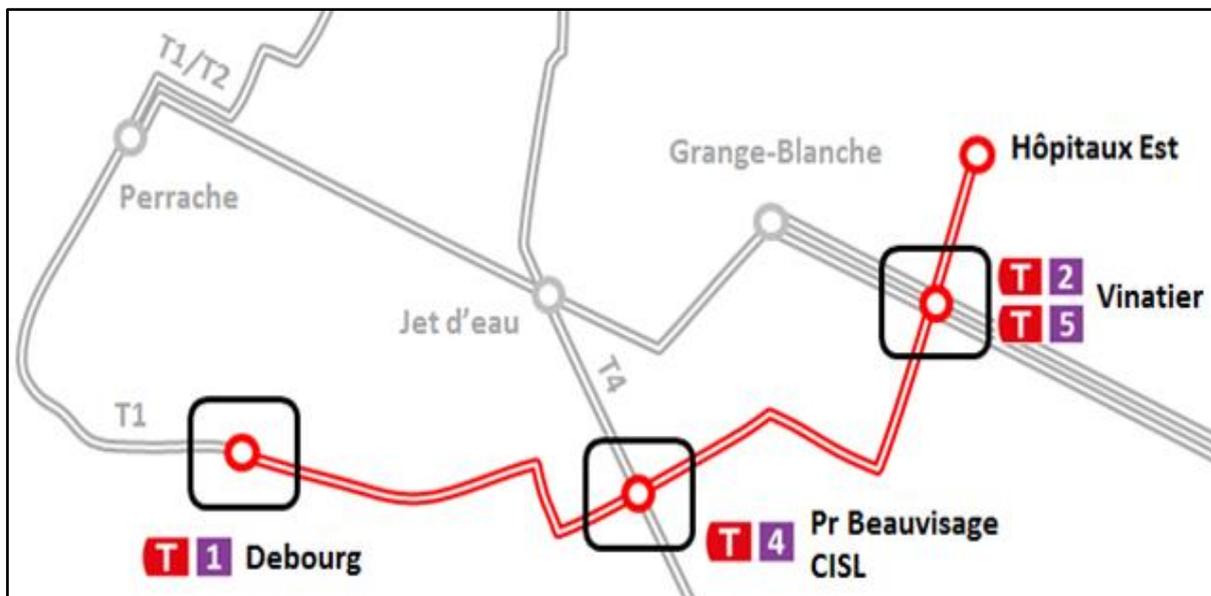


ILLUSTRATION 3 : Interfaces de la future ligne de tramway T6 (rouge) avec le réseau existant (gris)

1.1.2 Cartographie du réseau de partenaires

L'organisation globale des acteurs impliqués dans le projet de création de la ligne de tramway T6 est classique et semblable à tous les projets de tramway lyonnais. Nous trouvons, d'une part, deux organismes impliqués en permanence sur le réseau lyonnais (le maître d'ouvrage et son délégataire) et, d'autre part, des entités variant selon les projets (maîtres d'œuvre, entreprises de travaux, villes...).

Le Syndicat mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise (SYTRAL) est l'autorité organisatrice des transports publics du Rhône. Son rôle est d'organiser, de développer, d'exploiter et de coordonner les transports en commun dont il est propriétaire, et dont fait partie le réseau de Transports en Commun Lyonnais (TCL). Il est, à ce titre, maître d'ouvrage pour les projets d'extension du réseau lyonnais, comme c'est le cas de la nouvelle ligne de tramway T6.

Keolis Lyon est la société anonyme qui assure actuellement la gestion du réseau TCL, dans le cadre d'une délégation de service public pour le compte du SYTRAL. Notons qu'une délégation de service public est l'ensemble « des contrats par lesquels une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service » (3). Keolis Lyon est ainsi exploitant et mainteneur du réseau TCL, mais également assistant au maître d'ouvrage pour les projets d'extension de celui-ci. La convention de délégation actuelle a été renouvelée le 1^{er} janvier 2011, pour une durée de 6 ans, soit jusqu'à fin 2016. Il s'agit du plus important contrat de délégation de service public en Europe, avec un chiffre d'affaires de près d'un million d'euros par jour (4).

Pour le projet de création de la ligne de tramway T6, la société Systra est mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre, également composé d'Arcadis, Transitec, Ilex et Strates. En tant qu'organisme d'accueil pour mon stage de fin d'études, Systra est présentée de façon plus complète dans le paragraphe 1.1.3.

Quant aux entreprises de travaux, elles n'ont pas encore été désignées pour ce projet. Elles interviendront dans la réalisation des travaux de création de la nouvelle ligne et de modification des lignes existantes en interface avec celle-ci, à partir de novembre 2016.

La métropole lyonnaise fait également partie du jeu d'acteurs du projet T6, dans la mesure où ses élus sont membres de l'instance décisionnelle du SYTRAL et gestionnaires de certains espaces publics situés à proximité, en interface ou dans l'emprise du projet. Il en est de même pour les villes de Lyon, Bron et Vénissieux, qui seront traversées par la future ligne de tramway T6.

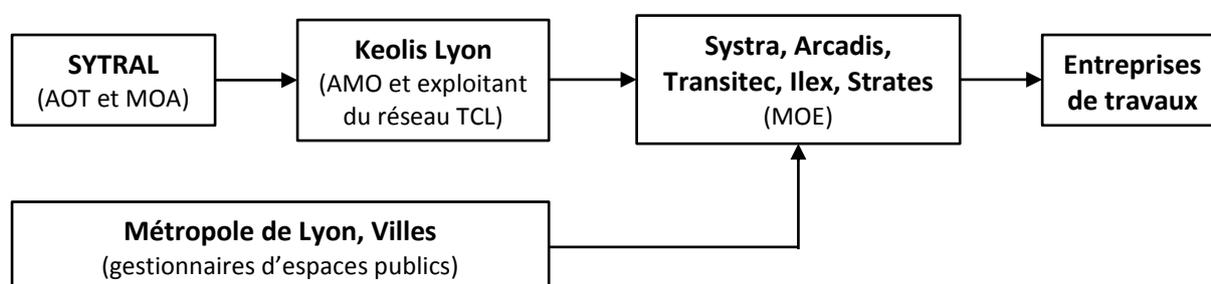


ILLUSTRATION 4 : Schéma des acteurs du projet de tramway T6

1.1.3 Systra, mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre pour le projet T6

J'ai été accueillie, pour mon stage de fin d'études, au sein de l'entreprise Systra, mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre pour le projet de création de la ligne de tramway T6.

Il s'agit d'une société anonyme de conseil et d'ingénierie, leader mondial de la conception des infrastructures de transports publics (transports en commun et ferroviaire). En 2015, son chiffre d'affaires s'élevait à 623 millions d'euros, dont 55 % réalisé à l'étranger (5). Notons que ces chiffres sont en hausse par rapport à 2014.

Systra a été formé en 1995 par la fusion de sociétés précédemment créées par la SNCF : Sofrerail (1957) et Sofretu (1961). Puis, Inexia et Xelis ont rejoint Systra pour renforcer la puissance du groupe en 2012. Ses actionnaires sont la SNCF (42 %), la RATP (42 %), des banques (15 %) et FCPE Actionnariat Salarié (1 %).

La société Systra compte 5 400 collaborateurs et est organisée en huit régions (France, Europe du Nord, Europe du Sud et Méditerranée, Afrique, Moyen-Orient, Asie Pacifique, Amérique du Nord, Amérique Latine), disposant chacune de plusieurs implantations et filiales locales. Un réseau de centres techniques régionaux travaille en étroite collaboration avec la direction technique du groupe, localisée à Paris, permettant de garantir la même qualité partout dans le monde, dans les 80 pays où elle est présente.

Systra détient des références dans 150 pays et 350 villes, c'est-à-dire environ 500 millions de passagers voyagent chaque jour grâce à son ingénierie. Retenons que la moitié des lignes de métro et des lignes à grande vitesse (LGV) sont construites avec l'aide de Systra dans le monde. En outre, elle détient le record de nouvelles lignes de tramway, à l'échelle mondiale (500 km) et française (22 lignes sur les 29 réalisées).

Parmi les projets phares de la société en cours de réalisation, nous pouvons citer : la poursuite du développement du tramway de Bordeaux, premier réseau de tramway alimenté par le sol (cf. ILLUSTRATION 5) ; le tronçon à grande vitesse reliant Bordeaux à Paris en 2h05, qui constitue le plus grand chantier ferroviaire européen ; le métro de La Mecque, permettant de transporter deux millions de passagers en six jours pendant le Hajj ; deux nouvelles lignes de métro automatique souterraines et connectées avec des trains interchangeables d'une ligne à l'autre, à Santiago de Chili, afin de répondre aux besoins liés à la croissance de la ville et de réduire la pollution atmosphérique ; etc.



ILLUSTRATION 5 : Tramway de Bordeaux, le premier sans caténaire (6)

1.2 Les essais des tramways

La mise en contexte se poursuit, dans cette partie, avec la définition de mon objet d'études : les essais préalables à la mise en service des nouvelles lignes de tramway. Il s'agit, d'une part, d'une approche organisationnelle classique et, d'autre part, d'un phasage spécifique des essais du projet T6 que j'ai mis en œuvre lors de mon stage.

1.2.1 Organisation classique des essais

Pour chaque projet de création de tramway, des essais sont réalisés avant la mise en service commerciale de la nouvelle ligne. Si des lignes existantes sont modifiées dans le cadre du projet, elles doivent aussi faire l'objet de tests.

Ces vérifications sont réalisées par chaque entreprise, à l'achèvement de la totalité des travaux prévus au marché, sur les installations qu'elle aura réalisées. En outre, elles s'effectuent sous la responsabilité du maître d'œuvre : « *Le maître d'œuvre est responsable des essais. Il les planifie, contrôle les propositions des entreprises, assiste systématiquement aux essais qui engagent la sécurité.* » (7) Ces essais ont pour objectif de « *démontrer la conformité des ouvrages, des installations, des équipements, des composants par rapport aux CCTP, en terme de fonctionnement et de performances* » (7). La sécurité des infrastructures nouvelles et modifiées est ainsi assurée.

Les essais se décomposent en différents types (8), communs à tous les projets de tramway, qui sont les suivants :

- Les essais statiques des sous-systèmes, incluant :
 - les **essais en usine** : contrôle de la documentation des équipements, de la conformité aux spécifications fonctionnelles, de l'absence de défauts, etc.
 - les **essais sur site** : contrôle de la conformité d'installation et de la fonctionnalité des équipements mis en place.
- Les **essais de validation des interfaces entre sous-systèmes**, qui sont l'intégration des sous-systèmes deux à deux, sans matériel roulant.
- Les **essais dynamiques**, qui consistent à vérifier le bon fonctionnement des sous-systèmes en situation opérationnelle, avec matériel roulant.

Viennent ensuite les phases de **formation** des conducteurs et de **marche à blanc**, réalisées sous la responsabilité de l'exploitant, en dehors de sa mission d'assistant à maîtrise d'ouvrage. La marche à blanc consiste à placer les systèmes dans les conditions d'exploitation, sans voyageur, pour vérifier le fonctionnement et les performances d'ensemble du système de transport, et ainsi apprendre à gérer le système qu'il aura sous sa responsabilité après réception.

1.2.2 Phasage des essais spécifique au projet de tramway T6

Pendant mes quatre mois de stage de fin d'études à la Direction des Projets Urbains de Systra, mes missions s'articulaient autour des essais préalables à la mise en service de la nouvelle ligne de tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est. J'ai ainsi eu la tâche de rédiger plusieurs documents pour le rendu des études projet, le 4 juillet 2016, à savoir :

- Le règlement et l'organisation des essais, document générique qui permet de cadrer la réalisation des essais, accompagné de ses annexes :
 - La procédure de Demande d'Autorisation de Travaux et d'Essais (DATE) ;
 - La procédure de consignation de la ligne aérienne ;

- Le Plan Général des Essais du Système de transport (PGES), dans lequel nous retrouvons la stratégie d'essais mise en œuvre, la liste des essais et le phasage des essais dynamiques (incluant aussi les travaux impactant le réseau existant, comme expliqué par la suite) ;
- Le dossier de synthèse à l'issue des études projet, qui résume le projet (insertion urbaine, exploitation...) et ses impacts (circulation...) tels qu'ils ont été définis à ce stade des études.

Le phasage des essais dynamiques consiste d'abord à les articuler entre eux et dans le temps. Il s'agit ensuite d'estimer les périodes d'intervention, les répercussions sur l'exploitation des lignes existantes, ainsi que les moyens d'exploitation requis (rames et conducteurs d'essais).

Le maître d'ouvrage souhaitait également connaître l'ensemble des impacts sur le réseau existant prévus à l'horizon des travaux de la nouvelle ligne, afin d'anticiper leur gestion. Nous avons alors ajouté au planning, en plus des essais dynamiques préalables à sa mise en service (incluant les essais d'ensemble du tramway T6 et les essais des lignes existantes T1, T2, T4 et T5 en interface avec la future ligne), l'ensemble des travaux ayant des conséquences sur le réseau exploité. Les interventions mentionnées dans cette étude sont donc des essais dynamiques ou des travaux pouvant impacter le réseau existant.

Pour mettre en œuvre cette planification, j'ai recueilli les données et acquis les connaissances nécessaires de deux façons distinctes. D'une part, les documents rédigés pour les projets précédents (extension de la ligne T4 à La Doua, création de la ligne T5 entre Grange Blanche et Eurexpo...) ont été mis à ma disposition. D'autre part, j'ai bénéficié du support technique des responsables de marché du projet T6. La rédaction du Plan Général des Essais Système (PGES) peut ainsi être considérée comme un travail de coordination technique. De plus, les hypothèses prises en considération sont celles retenues par le SYTRAL, détaillées ultérieurement dans la partie 1.3.

Le phasage des essais dynamiques et des travaux obtenu pour le projet T6 se décompose en six périodes distinctes :

- avril 2018 : essais du californien posé à Essarts-Iris pour exploiter partiellement la ligne T2 pendant les travaux de l'intersection T2-T5/T6 ;
- juin 2018 : interventions préalables à la coupure de la ligne T4 pour l'exploitation partielle pendant les travaux de l'intersection T4/T6 ;
- fin août 2018 : essais des lignes existantes T2, T4 et T5 modifiées aux intersections avec T6 ;
- septembre 2018 : essais des quais provisoires posés à Debourg pour exploiter la ligne T1 pendant les travaux de la zone T1/T6 ;
- mai 2019 : essais de la zone de manœuvre T1/T6 Debourg modifiée ;
- de juin à septembre 2019 : essais d'ensemble de la nouvelle ligne T6.

Ce travail s'inscrit dans la continuité de mon stage de 2^{ème} année, réalisé à la Direction Projet de Keolis Lyon, pendant lequel j'étais chargée de rédiger le Plan d'Évaluation du Système de transport (PES) de la nouvelle ligne de tramway T6. Il s'agit d'un document rédigé par l'exploitant qui recense l'ensemble des essais que celui-ci souhaite voir réaliser avant la mise en service d'une nouvelle ligne. Bien que mes deux derniers stages d'études aient concernées le même sujet, l'insertion dans deux sociétés distinctes m'a permis de découvrir différentes relations avec les partenaires du projet. J'ai également eu une vision plus concrète au sein de la maîtrise d'œuvre.

Notons que le phasage des essais n'est pas en lui-même une nouveauté, mais la réalisation de cette étude en phase projet (3 ans avant la mise en service de la nouvelle ligne) en fait une

démarche nouvelle. En effet, cette étude était auparavant menée seulement quelques mois avant la réalisation des essais dynamiques. Cela peut en partie être expliqué par la particularité du projet T6, qui s'interface avec trois lignes existantes et qui présente donc plusieurs phases d'essais différentes, dont certaines débiteront bien avant la mise en exploitation commerciale.

Il est à noter que le travail réalisé dans cette phase amont se base sur un jeu d'hypothèses dont la responsabilité incombe aux futures entreprises mandataires des travaux. En effet, ces dernières auront la responsabilité de définir elles-mêmes le planning de réalisation des travaux et des essais, pour lequel elles s'engageront une fois qu'elles auront été désignées, compte tenu des méthodes, des techniques et des équipements de réalisation proposés, ainsi que de leur organisation et des moyens disponibles. Ainsi, le travail que j'ai produit permet de donner une première estimation globale. Celle-ci sera ensuite affinée au fur et à mesure de l'avancée du projet et ce jusqu'à quelques jours avant la réalisation de ces essais, tenant compte des incertitudes liées au projet : variations du planning de réalisation, contraintes liées à des événements ponctuels, etc.

1.3 Méthodologies d'élaboration du programme des interventions

Trois démarches pour élaborer le programme des interventions sont étudiées dans ce rapport, reposant sur différentes hypothèses et ayant ainsi différentes conséquences sur le projet. Ces méthodologies sont les suivantes :

- 1^{ère} démarche : la minimisation des impacts sur le réseau existant ;
- 2^{ème} démarche : la réduction du planning de l'opération ;
- 3^{ème} démarche : l'augmentation des moyens humains des entreprises de travaux, avec un double objectif issu des deux autres méthodes.

Chacun des trois paragraphes suivants présente les méthodologies étudiées et les moyens mis en place pour les élaborer, ainsi que les hypothèses réalisées.

1.3.1 Première démarche : la minimisation des impacts sur l'exploitation

La première démarche étudiée consiste à établir un planning en réduisant autant que possible les répercussions sur le réseau en exploitation, avec lequel la nouvelle ligne sera en interface. Pour cela, « les nuits courtes [sont] favorisées autant que possible, au détriment des nuits aménagées, nuits longues ou journées qui peuvent toutes trois présenter des impacts sur l'exploitation » (9). En effet, les nuits aménagées et longues sont seulement utilisées si les interventions ne peuvent pas être réalisées lors de nuits courtes. Ces besoins sont exprimés par les responsables de marché, lors de l'élaboration du planning.

Toutefois, « l'amplitude horaire des nuits courtes ne permet[tant] pas de massifier autant que souhaité les interventions, [cela] a donc pour effet d'augmenter le nombre de nuits d'intervention nécessaires » et ainsi le planning de l'opération (9).

Cette méthodologie correspond à la demande formulée par le SYTRAL dans le CCTP de maîtrise d'œuvre du projet de tramway T6, pour le phasage des essais :

« Chaque intervention doit être conduite, durant les phases d'essais, de la manière la plus rationnelle afin de satisfaire aux critères suivants :

- *Optimisation du délai d'intervention (préparation des essais, planification des interventions),*
- *Optimisation des moyens mis en œuvre par une meilleure utilisation des compétences,*
- *Optimisation du planning pour limiter l'impact sur l'exploitation,*
- *Rigueur et exhaustivité des contrôles,*

- *Retour d'expérience vers le maître d'œuvre et l'exploitant (traçabilité des anomalies, relevés d'exécutions d'essais, comptes-rendus d'essais, connaissances réelles des performances de l'installation).* » (7)

C'est donc cette démarche que j'ai principalement mise en application dans le cadre de mon travail chez le maître d'œuvre, pour le rendu des études projet relatives aux essais et aux travaux impactants de la future ligne de tramway T6. Un extrait du PGES que j'ai rédigé (9) est disponible en ANNEXE 1, permettant de compléter les hypothèses exposées ci-dessus.

Cette méthodologie était également utilisée pour les précédents projets de tramway en interface avec le réseau existant (extension de la ligne T1 à Debourg, extension de la ligne T4 à La Doua, création de la ligne T5 entre Grange Blanche et Eurexpo...).

1.3.2 Deuxième démarche : la réduction du planning des interventions

La deuxième méthode analysée dans ce document repose sur la minimisation de la durée du planning des interventions. Pour cela, les nuits longues et aménagées sont largement privilégiées, au détriment des nuits courtes qui ne permettent pas de condenser suffisamment les opérations.

Contrairement à la première démarche, celle-ci a beaucoup de conséquences sur le réseau en exploitation, en raison de l'usage de nombreuses nuits aménagées et longues.

Cette version du programme des interventions est élaborée à partir des estimations de la première démarche faites par les responsables de marché, par le biais d'équivalences entre nuits courtes, nuits aménagées et nuits longues. Celles-ci peuvent parfois induire quelques erreurs en termes de temps d'intervention, comme précisé par la suite. Néanmoins, elles restent largement négligeables par rapport à la durée totale du planning (d'environ trois ans, à partir de novembre 2016), ce qui nous permet de considérer que les résultats obtenus sont suffisamment fiables.

Une première source d'erreur provient de l'équivalence entre nuits courtes et nuits aménagées réalisée pour les interventions sur les lignes T2, T4 et T6. Nous considérons que deux nuits courtes (de 1h40 à 4h, soit un total de 4h40 de travail) correspondent à une nuit aménagée (de minuit à 4h, soit un total de 4h de travail). Les deux nuits courtes durent alors 40 minutes de plus que la nuit aménagée.

Étant donné que nous considérons qu'une nuit longue (de 21h à 4h, soit 7h de travail) équivaut à trois nuits courtes (de 1h40 à 4h, soit 7h répartis en trois nuits de 2h20), une autre source d'erreur est due à l'équivalence considérée entre nuits longues et nuits aménagées sur les lignes T2, T4 et T6. Nous estimons que deux nuits longues (de 21h à 4h, soit un total de 14h) correspondent à trois nuits aménagées (de minuit à 4h, soit 12h de travail). Les deux nuits longues durent alors 2h de plus que les trois nuits aménagées, ce qui crée à nouveau une erreur – variant de 40 minutes à une heure durant 2 à 3 nuits.

Enfin, une dernière source d'erreur provient de l'équivalence entre nuits courtes et nuits longues pour les interventions sur la ligne T1. Nous supposons que deux nuits courtes (de 0h45 à 4h20, soit un total de 7h10 de travail) correspondent à une nuit longue (de 21h à 4h20, soit un total de 7h20). La nuit longue dure alors plus longtemps que les deux nuits courtes d'intervention, avec une différence de seulement 10 minutes. Notons que les équivalences avec les nuits aménagées sur T1 ne sont pas étudiées, car elles ne sont pas utilisées dans les programmes d'interventions ; elles durent 4h20, soit seulement 1h15 de plus que les nuits courtes, ce qui n'a pas été considéré comme un gain de temps suffisant pour se permettre d'induire une perturbation sur l'exploitation de la ligne.

1.3.3 Troisième démarche : un double objectif de minimisation des impacts et du planning

La dernière méthodologie élaborée est une fusion des deux démarches précédentes, visant à minimiser à la fois les impacts sur les lignes en exploitation et le planning du projet. A partir du planning écourté obtenu avec la deuxième démarche, cette dernière est élaborée en doublant les moyens humains des entreprises de travaux requis, pour réduire autant que possible les perturbations sur le réseau en exploitation.

Toutefois, notons que seules certaines interventions ont fait l'objet d'une augmentation de moyens humains. Cela ne concerne que les interventions pour travaux ; si ce n'est pas appliqué aux essais, c'est qu'ils nécessitent des moyens de la part de la maîtrise d'œuvre qui ne peuvent être dédoublés, puisqu'un même responsable de marché ne peut superviser qu'un seul essai à la fois. En outre, les nuits impactantes lors desquelles différents marchés interviennent ne peuvent pas être optimisées (par exemple, les nuits de coupure ou de remise en service des lignes de tramway existantes) ; c'est l'enchaînement même des diverses tâches de ces marchés qui nécessite l'utilisation de telles nuits, et non le nombre d'ouvriers fournis par les entreprises.

Par ailleurs, seule une multiplication des moyens par deux est opérée. Nous pouvons expliquer ce choix de la façon suivante : d'une part, les entreprises de travaux ne disposent pas nécessairement des moyens humains suffisants pour faire travailler plus de deux équipes en parallèle ; d'autre part, une coactivité trop importante des entreprises n'est pas raisonnable sur un tel chantier.

Dans le cadre du phasage des interventions pour le projet T6, j'ai ponctuellement mise en œuvre cette démarche, afin de répondre à certaines contraintes de planning. C'est le cas des travaux et des essais pour la remise en service des lignes T2 et T5, à la fin de l'été 2018 : plusieurs équipes de travail en parallèle sont prévues pour réaliser en une semaine la dépose du californien, la remise en état de la plateforme et les essais dynamiques. Cela permet alors de limiter les conséquences sur l'exploitation, et ainsi de répondre à la demande du SYTRAL.

Pour chacune des trois démarches considérées dans ce rapport, l'ensemble du programme des interventions est disponible en ANNEXE 3. Un extrait de celui-ci est également présenté ci-dessous (cf. TABLEAU 1) pour illustrer les propos de cette partie, accompagné d'une justification de la durée des interventions et du type de nuit retenu (cf. TABLEAU 2).

Rappelons que le programme élaboré se compose d'essais (indiqués en italique) et de travaux (qui sont toutes les autres interventions), pour lesquels les marchés concernés sont spécifiés dans la colonne prévue à cet effet. Pour chaque démarche, nous précisons ensuite la durée des interventions (nombre et type de journées ou de nuits, ainsi que le nombre d'équipes d'ouvriers s'il est doublé) et les éventuels impacts sur le réseau existant. Pour ces derniers sont notées les portions de lignes ne pouvant pas être maintenues en exploitation, mais les stations indiquées sont utilisables et c'est jusqu'à celles-ci que l'exploitation reste possible durant l'intervention. Une autre colonne précise les besoins en rames et en opérateurs d'essais sollicités auprès du délégataire exploitant, mais elle n'a pas été conservée pour l'exemple ci-dessous qui n'en requiert aucun.

Exemple : Programme des interventions pour la coupure d'exploitation de la ligne T4 avant les travaux de l'intersection T4/T6 Beauvisage

Date prévisionnelle d'intervention : de mi-mai à début juillet 2018

N°	Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation		
			Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
1	LAC CFO	<i>Essais permettant de relever l'état initial de la sous-station 8 mai 45 et de la LAC sur T4 entre Jet d'Eau et Beauvisage avant les travaux</i>	9 nuits courtes	3 nuits longues		-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV	
2	LAC CFO	Ripage de l'alimentation T4 entre Lycée Lumière et Jet d'Eau	3 nuits courtes + 6 nuits longues	7 nuits longues	3 nuits longues (2 équipes) + 3 nuits courtes	Ligne T4 entre Félix Faure et Marcel Houel HdV Ligne T2 entre Centre Berthelot et Grange Blanche		
3	CFO	<i>Essais de la Mise au Négatif Traction T4 à Jet d'Eau</i>	1 nuit courte			-		
4	LAC	Pose des isolateurs de sections avec shunts sur T4 au nord du croisement T4/T6	4 nuits courtes	2 nuits aménagées	2 nuits courtes (2 équipes)	-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV	-
5	CFO	Mise à l'arrêt de la sous-station 8 mai 45 avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation	1 nuit aménagée			Ligne T4 entre Félix Faure et Hôpital Feyzin Vénissieux Ligne T2 entre Centre Berthelot et Grange Blanche		
6	LAC	Déshuntage des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T4						
7	PFV	Coupure des rails T4 au nord du croisement T4/T6						
Durée totale des interventions sur cette période : (NC pour nuit courte, NA pour nuit aménagée, NL pour nuit longue)			17 NC 1 NA 6 NL	1 NC 3 NA 10 NL	1 NC 1 NA 6 NL			

TABLEAU 1 : Programme des interventions pour la coupure d'exploitation de la ligne T4 avant les travaux de l'intersection T4/T6 Beauvisage

Le tableau ci-dessous permet de justifier les usages de chaque type de nuit et la durée de chaque tâche détaillée dans la TABLEAU 1. Rappelons que les chiffres de la première démarche ont été estimés par les responsables de marché, et que ceux des deux autres démarches ont ensuite été déduits à l'aide d'équivalences entre nuits courtes, nuits aménagées et nuits longues.

N°	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
	Utilisation de nuits courtes autant que possible, afin d'éviter les impacts sur le réseau en exploitation	Utilisation d'un maximum de nuits longues et aménagées, afin de réduire le planning	Utilisation de deux équipes de travail dès que possible, afin de limiter les impacts existants avec la 2 ^{ème} démarche
1	9 nuits courtes (de 1h40 à 4h), pour un total de 21h d'essais	3 nuits longues (de 21h à 4h), permettant de regrouper les nuits courtes utilisées dans la première démarche	Mise en place de plusieurs équipes impossible, car il s'agit d'essais qui ne peuvent être réalisés simultanément
2	3 nuits courtes (de 1h40 à 4h) et 6 nuits longues (de 21h à 4h), pour un total de 49h de travaux	7 nuits longues (de 21h à 4h), les trois nuits courtes de 2h20 étant condensées en une nuit longue de 7h	3 nuits longues avec deux équipes (soit 42h) et 3 nuits courtes (soit 7h), avec un gain de quatre nuits impactantes et d'une nuit de planning par rapport à la deuxième démarche
3	1 nuit courte (de 1h40 à 4h), pour un total 2h20 d'essais	Impossible de réduire le planning, déjà optimal pour cet essai : une seule nuit et aucun impact. La seule solution pourrait être de mutualiser cet essai avec d'autres interventions, mais ce n'est pas possible compte tenu du programme : la tâche n°2 doit être réalisée avant cet essai, qui nécessite l'alimentation de la ligne aérienne, or elle doit être coupée pour les tâches n°4 à 7.	
4	4 nuits courtes (de 1h40 à 4h), pour un total de 9h20 de travaux	2 nuits aménagées (de minuit à 4h), pour un total de 8h de travaux (*)	2 nuits courtes avec deux équipes, pour un total de 9h20 de travaux, avec une absence d'impacts et un planning de même durée que celui de la 2 ^{ème} démarche
5	1 nuit aménagée (de minuit à 4h), indispensable compte tenu des tâches à réaliser par trois marchés différents	Impossible de réduire le planning, déjà optimal pour ces tâches : une seule nuit de travaux, avec des impacts sur l'exploitation à partir de minuit qui ne peuvent être réduits	Mise en place de plusieurs équipes impossible, car les tâches s'enchaînent et sont réalisées par des marchés différents
6			
7			

(*) Source d'erreur due à l'équivalence considérée entre nuits courtes et nuits aménagées, comme expliqué au paragraphe 1.3.2.

TABLEAU 2 : Justification du type de nuits retenu et de la durée des interventions, pour l'exemple considéré

Dans ce contexte d'extension du réseau de tramway, les trois démarches étudiées présentent de multiples enjeux, portés par différents acteurs, et semblent avoir plus ou moins d'importance aux yeux du décideur.

L'ensemble des partenaires du projet T6 défendent leurs intérêts quant à l'élaboration du programme des interventions, à l'exception de la métropole et des villes qui n'interviennent pas dans la réalisation des travaux et des essais liés au tramway. L'analyse menée dans les deux prochains chapitres traitera ainsi du maître d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre d'une part, du délégataire exploitant et des entreprises de travaux d'autre part, afin d'apporter des réponses à la problématique et d'en énoncer certaines limites.

Notons que les enjeux développés dans les deux chapitres à venir sont ceux que nous supposons être portés par chacun des acteurs. En effet, ceux du maître d'ouvrage et de l'exploitant sont construits à partir des réunions de travail. En outre, je n'ai pas pu côtoyer de représentant des entreprises de travaux, celles-ci n'étant pas encore désignées, mais les enjeux qu'ils semblent porter ont été évoqués avec les responsables de marché du projet.

2. DES ENJEUX MAJEURS PORTES PAR LA MAITRISE D'OUVRAGE ET LA MAITRISE D'ŒUVRE

Dans le cadre de l'élaboration du programme des interventions, l'autorité organisatrice des transports en commun lyonnais porte trois principaux enjeux, qui sont avant tout politiques et financiers. En outre, la maîtrise d'œuvre du projet présente des enjeux similaires, dans la mesure où elle a été choisie par ce dernier pour réaliser ce projet et doit donc répondre à ses exigences.

Les enjeux pris en compte pour élaborer le programme des interventions concernent les impacts sur le réseau en exploitation, le planning et le coût du projet de tramway T6. Ils sont développés dans ce chapitre via des approches qualitative et quantitative, dans la mesure du possible.

2.1 Limiter les impacts sur le réseau en exploitation

En tant qu'entité politique, le SYTRAL porte un très fort intérêt aux potentiels impacts des travaux et des essais sur l'exploitation des lignes existantes. En effet, ces répercussions doivent être limitées pour ne pas trop perturber les usagers dans leurs déplacements quotidiens. Cet enjeu majeur correspond précisément à la demande du maître d'ouvrage pour le projet de tramway T6 et c'est l'objectif même de la première démarche étudiée.

Cet enjeu permet de débiter l'analyse comparative des trois programmes élaborés à l'aide des démarches détaillées au paragraphe 1.3. D'une part, les impacts sur l'exploitation des lignes de tramway peuvent être mesurés en termes de nombre de nuits et d'heures d'intervention. D'autre part, ces perturbations impliquent de mettre en place des Plans de Remplacement des Tramways (PRT), qui pourront alors être précisés.

2.1.1 Des interventions impactantes dues aux travaux et aux essais de la nouvelle ligne

Les impacts sur le réseau existant sont de deux types. D'une part, les lignes de tramway T1, T2, T4 et T5 seront exploitées de façon provisoire durant les travaux des intersections avec la future ligne de tramway T6. Quelle que soit la méthodologie retenue pour établir le programme des interventions, ces perturbations sont fixes :

- Ligne T1 : exploitation du terminus T1 Debourg avec des quais provisoires situés à l'ouest de l'avenue Jean Jaurès, d'octobre 2018 à mai 2019 ;
- Ligne T2 : coupure d'exploitation entre Grange Blanche et Essarts-Iris de mi-mai à fin août 2018, puis entre Grange Blanche et Hôtel de Ville Bron de fin août à début septembre 2018 ;
- Ligne T4 : coupure d'exploitation entre Lycée Lumière et Hôpital Feyzin Vénissieux, de début juillet à début septembre 2018.
- Ligne T5 : coupure de toute la ligne de mi-mai à début septembre 2018 ;

D'autre part, les impacts auxquels nous allons davantage nous intéresser sont dus aux interventions ponctuelles pour les travaux et les essais. Contrairement aux précédents, ceux-là varient avec la démarche mise en place. Le relevé effectué pour chaque programme est le suivant :

	Durée (heures)	Démarche 1		Démarche 2		Démarche 3	
		(nuits)	(heures)	(nuits)	(heures)	(nuits)	(heures)
Nuits aménagées		17	68:00	23	92:00	8	32:00
- Sur T1 :	4:20	0	0	0	0	0	0
- Sur T2 :	4:00	5	20:00	8	32:00	2	8:00
- Sur T4 :	4:00	3	12:00	6	24:00	1	4:00
- Sur T6 :	4:00	9	36:00	9	36:00	5	20:00
Nuits longues		18	126:40	46	326:40	33	233:40
- Sur T1 :	7:20	2	14:40	14	102:40	8	58:40
- Sur T2 :	7:00	1	7:00	9	63:00	7	49:00
- Sur T4 :	7:00	7	49:00	13	91:00	9	63:00
- Sur T6 :	7:00	8	56:00	10	70:00	9	63:00
Total Nuits impactantes		35	194:40	69	418:40	41	265:40

TABLEAU 3 : Comparaison des nuits d'interventions ponctuelles impactant l'exploitation

La deuxième démarche est logiquement celle qui a le plus de conséquences sur l'exploitation des lignes de tramway existantes, de façon très marquée : elle compte deux fois plus de nuits que la première démarche, soit 2,15 fois plus d'heures. Quant à la dernière démarche, elle impacte 1,2 fois plus l'exploitation que la première, en nombre de nuits, soit 1,4 fois plus d'heures. Notons que le ratio est différent si l'on parle de nuits ou d'heures, puisque les durées et proportions des nuits ne sont pas les mêmes suivant les lignes de tramway et les démarches analysées.

En prenant la première méthodologie pour référence, la deuxième démarche a donc créé 34 nuits d'impacts, soit 224 heures, et la dernière en a créé 6, soit 71 heures.

D'un point de vue purement quantitatif, il semble logique que le SYTRAL privilégie la première démarche au vu des perturbations sur l'exploitation existante. C'est effectivement celle-ci qui a été retenue pour le projet T6.

2.1.2 Des impacts nécessitant la mise en place de Plans de Remplacement des Tramways (PRT)

L'ensemble des impacts précédemment identifiés nécessitent la mise en place de navettes de remplacement (PRT), afin de pallier à l'absence d'exploitation en tramway sur certaines portions de lignes. Tout comme les perturbations mentionnées au paragraphe précédent, ces plans de remplacement sont également de deux types.

D'une part, des besoins de longue durée sont dus à l'exploitation provisoire des lignes T2, T4 et T5 durant les travaux. Ces PRT seront mis en place en permanence, tant de nuit que de jour, sur les périodes temporelles et les portions de lignes indiquées au paragraphe 2.1.1.

D'autre part, les interventions ponctuelles pour les travaux et les essais nécessitent la mise en place de nombreux PRT différents, selon les zones d'intervention touchées, détaillées dans le tableau ci-dessous. Ils sont instaurés uniquement la nuit, à partir de 21h pour les nuits longues (NL) et de minuit pour les nuits aménagées (NA), jusqu'à la fin d'exploitation des lignes concernées (0h45 sur T1 et 1h40 sur les lignes T2, T4, T5 et T6).

Ligne	PRT à mettre en place	Démarche 1		Démarche 2		Démarche 3	
		NA	NL	NA	NL	NA	NL
Interventions en interface avec la ligne T1 (septembre 2018 et mai 2019)		0	2	0	14	0	8
T1	Montrochet – Debourg	0	2	0	13	0	7
T1	Halles Tony Garnier – Debourg	0	0	0	1	0	1
Interventions en interface avec la ligne T2 (avril et fin août 2018)		5	1	8	9	2	7
T2	Jet d'Eau – Porte des Alpes	0	0	4	6	1	4
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
T2	Grange Blanche – Porte des Alpes	0	0	2	0	0	0
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
T1	Liberté – Suchet						
T2	Perrache – St-Priest Bel Air	4	1	1	3	0	3
T4	Félix Faure – Lycée Lumière						
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
T2	Essarts-Iris – HdV Bron	1	0	1	0	1	0
Interventions en interface avec la ligne T4 (juin et fin août 2018)		3	7	6	13	1	9
T4	Jet d'Eau – Marcel Houel HdV	0	1	3	4	0	4
T2	Centre Berthelot – Grange Blanche	0	6	0	7	0	3
T4	Félix Faure – Marcel Houel HdV						
T2	Centre Berthelot – Grange Blanche	1	0	1	0	1	0
T4	Félix Faure – Hôpital Feyzin Vénissieux						
T2	Centre Berthelot – Grange Blanche	2	0	0	2	0	2
T4	Félix Faure – Lycée Lumière						
T4	Jet d'Eau – Lycée Lumière	0	0	2	0	0	0
Interventions sur l'ensemble de la ligne T6 (de janvier à juin 2019)		9	8	9	10	5	9
T1	Montrochet – Debourg	1	1	1	1	1	1
T4	Jet d'Eau – Marcel Houel HdV	5	2	5	2	2	2
T2	Jet d'Eau – HdV Bron	3	2	3	2	1	2
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
T2	Jet d'Eau – HdV Bron	0	0	0	0	1	0
T4	Jet d'Eau – Marcel Houel HdV						
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
T2	Jet d'Eau – Porte des Alpes	0	3	0	3	0	3
T5	Grange Blanche – Eurexpo						
	Accès des rames au dépôt de St-Priest depuis Desgenettes						
T2	Grange Blanche – Vinatier	0	0	0	1	0	0
T5							
T1	Halles Tony Garnier – Debourg	0	0	0	1	0	1
Total Nuits de PRT		17	18	23	46	8	33
Total Heures de PRT		110:30		240:10		160:00	

TABEAU 4 : Comparaison des PRT induits par les interventions ponctuelles

Ces chiffres bruts ne nous permettent pas de tirer de conclusions, si ce n'est de confirmer les nombreux impacts de la deuxième démarche, sur le plan purement quantitatif. Ils pourront être analysés dans les paragraphes 2.3.2 et 3.1.1, compte tenu des coûts et des ressources d'exploitation (matériel roulant et personnel) qu'ils engendrent.

Par ailleurs, il est primordial que l'ensemble de ces plans de remplacement reste lisible par les usagers. Par exemple, sur une même ligne, la mise en place d'un seul PRT pendant une semaine semble plus compréhensible que deux (ou plus) différents. De ce fait, l'augmentation du volume de PRT complique a priori leur lisibilité pour le grand public. Nous remarquons alors que les lignes T1 et T5 comptent un PRT principal (respectivement Montrochet – Debourg et Grange Blanche – Eurexpo), ainsi qu'un second utilisé très ponctuellement (à une seule reprise, uniquement pour les deuxième et troisième démarches), ce qui paraît plutôt satisfaisant en termes de lisibilité. Au contraire, les lignes T2 et T4 présentent bien plus de PRT distincts (entre cinq et sept selon les méthodes), rendant leur lecture complexe pour les usagers, d'autant plus qu'ils se superposent souvent les uns aux autres.

Si ces perturbations doivent rester « acceptables » pour les usagers, la notion d'acceptabilité n'est toutefois pas aisée à définir. Pour cause, d'autres enjeux politiques portés par le SYTRAL interviennent dans les projets d'extension du réseau TCL, tout en étant masqués aux yeux de la maîtrise d'œuvre. Ces limites ne nous permettent donc pas de déterminer avec exactitude si les impacts identifiés sont acceptables ou non du point de vue du maître d'ouvrage.

2.2 Réduire le planning de l'opération

Un autre enjeu majeur porté par le maître d'ouvrage, en tant qu'entité politique, concerne le planning du projet ; le SYTRAL juge important de le réduire autant que possible. C'est précisément l'objectif de la deuxième démarche étudiée.

Il s'articule en deux parties, que nous allons expliciter : le planning global du projet et le planning des interventions ponctuelles.

2.2.1 Un planning global du projet à respecter

Le planning global du projet de nouvelle ligne de tramway fait l'objet d'un enjeu essentiel pour le maître d'ouvrage, pour des raisons avant tout politiques. Il est tout d'abord primordial que le projet soit mené à son terme, dès lors qu'il est programmé dans le plan de mandat du SYTRAL. En effet, la non concrétisation des projets prévus risque de décevoir les citoyens locaux, qui sont également les futurs électeurs, et qui ont à ce titre toute l'attention des élus siégeant au SYTRAL.

Par ailleurs, certains jalons fixés ne peuvent pas être dépassés. D'une part, il en est souvent ainsi pour la date de mise en service commerciale de la nouvelle ligne, généralement programmée peu avant la fin du mandat politique. Par exemple, celle de la ligne T6 est prévue en fin d'année 2019 et les prochaines élections municipales auront lieu en début d'année 2020. Ce jalon de mise en service est alors essentiel pour les élus du SYTRAL sur le plan électoral. D'autre part, les dates de remises en service des lignes existantes T2, T4 et T5 sont prévues en septembre 2018. Après la période estivale, cette date correspond à la reprise de charge maximale sur le réseau TCL, avec de forts trafics attendus en raison de la rentrée scolaire. En raison de ces contraintes d'exploitation, ce jalon de remise en service des lignes existantes ne pourra être repoussé, risquant de perturber trop fortement les déplacements des usagers.

2.2.2 Un planning d'interventions ponctuelles à intégrer au mieux dans le planning général

Au-delà du planning global de l'opération T6, le maître d'ouvrage porte un grand intérêt au programme des interventions ponctuelles, défini par la maîtrise d'œuvre lors des études projet (rendues en début juillet 2016). Pour des raisons également politiques, la durée prévisionnelle des essais dynamiques et des travaux pouvant impacter l'exploitation existante doit s'intégrer au planning global du projet sans le retarder.

Cette durée prévisionnelle varie logiquement selon les démarches étudiées, compte tenu des hypothèses retenues. Pour chaque méthodologie considérée, le nombre de jours et de nuits d'intervention est répertorié dans le tableau ci-dessous, ainsi que le nombre d'heures correspondant.

		Durée (heures)	Démarche 1		Démarche 2		Démarche 3	
			(nuits)	(heures)	(nuits)	(heures)	(nuits)	(heures)
Total Journées			27	135:00	28	140:00	28	140:00
- Sur T1, T2 et T4 :	5:00	6	30:00	6	30:00	6	30:00	
- Sur T6 et au PCT :	5:00	21	105:00	22	110:00	22	110:00	
Nuits courtes			98	255:00	11	24:10	31	78:50
- Sur T1 :	3:40	26	95:20	2	7:20	8	29:20	
- Sur T2 :	2:20	30	70:00	0	0	5	11:40	
- Sur T4 :	2:20	25	58:20	1	2:20	9	21:00	
- Sur T6 :	2:20	7	16:20	3	7:00	4	9:20	
- Au PCT :	1:30	10	15:00	5	7:30	5	7:30	
Nuits aménagées			17	68:00	23	92:00	8	32:00
- Sur T1 :	4:20	0	0	0	0	0	0	
- Sur T2 :	4:00	5	20:00	8	32:00	2	8:00	
- Sur T4 :	4:00	3	12:00	6	24:00	1	4:00	
- Sur T6 :	4:00	9	36:00	9	36:00	5	20:00	
Nuits longues			26	183:40	54	383:40	41	290:40
- Sur T1 :	7:20	5	36:40	17	124:40	11	80:40	
- Sur T2 :	7:00	2	14:00	10	70,00	8	56:00	
- Sur T4 :	7:00	8	56:00	14	98,00	10	70:00	
- Sur T6 :	7:00	11	77:00	13	91,00	12	84:00	
Total Nuits			141	506:40	88	499:50	80	401:30

TABLEAU 5 : Comparaison de la durée totale des interventions ponctuelles

Alors que le nombre de journées est à peu près équivalent pour les trois démarches étudiées, ce n'est pas le cas des nuits d'intervention. En effet, en prenant la première méthode comme référence, la deuxième démarche comptabilise 0,62 fois moins de nuits (soit un gain de 53 nuits) et la troisième démarche en compte 0,57 fois moins (soit un gain de 61 nuits). Au vu des objectifs de chacune des méthodes, il est logique que la première dure plus longtemps que les deux autres, qui visent à réduire le planning du projet.

Notons que les première et deuxième démarches ont approximativement le même nombre d'heures d'intervention (640 heures), alors que la dernière démarche ne compte que 540 heures. La

mise en œuvre de moyens supplémentaires par les entreprises de travaux permet ainsi de minimiser les impacts sur l'exploitation (comme confirmé au paragraphe 2.1.1) et le planning de l'opération.

En outre, des informations additionnelles sont à prendre en compte, bien qu'elles n'apparaissent pas dans le tableau précédent. Selon le type de nuits autorisées par le SYTRAL (courtes, aménagées ou longues), la durée totale des interventions n'est pas la même. En effet, la plupart des interventions nécessitent des temps de préparation et de finalisation qui doivent être répétés chaque nuit (par exemple, la demande de consignation et de déconsignation au PC Tramways, le shuntage et le déshuntage des isolateurs de sections...). Ainsi, pour la réalisation d'une tâche donnée, plus le nombre de nuits est important – c'est-à-dire plus les nuits courtes sont privilégiées aux nuits longues – et plus le temps dédié aux opérations de préparation et de finalisation est élevé, ce qui augmente la durée totale des interventions et donc du planning global du projet.

Étant donné cette perte de temps supplémentaire, dès lors que les nuits ne doivent pas avoir de répercussions sur le réseau en exploitation, la durée totale de la première démarche devrait donc être plus élevée que les deux autres. Si cela est effectivement le cas dans le TABLEAU 5, ces tâches-là n'ont pas été considérées pour élaborer le planning des interventions. Cela pourrait alors se traduire par une utilisation de nuits de réserve, venant retarder le planning de l'opération T6.

Si le maître d'ouvrage souhaite réduire le planning des interventions ponctuelles, la troisième démarche semble être celle à privilégier. En effet, elle permet de mettre en œuvre à la fois peu d'heures d'intervention et peu de temps supplémentaire de préparation et de finalisation.

2.3 Limiter le coût du projet et le coût d'exploitation induit

Le dernier enjeu majeur porté par le maître d'ouvrage concerne le coût de l'opération. En tant que financeur du projet, son objectif est de réduire autant que possible ce montant. Celui-ci est à distinguer du coût d'exploitation, également supporté par le SYTRAL mais par un service différent. L'aspect coût présente donc à la fois un enjeu direct, à travers le coût du projet, et un enjeu indirect, lié au coût d'exploitation.

Toutefois, traiter ces enjeux quantitativement paraît complexe, puisque de nombreuses données « confidentielles » sont indispensables pour estimer précisément ces coûts. Ainsi, les paragraphes suivants expliciteront les éléments nécessaires pour réaliser ces chiffrages, sans pour autant pouvoir en extraire de chiffres, mais permettant tout de même de confronter les trois démarches considérées.

2.3.1 Analyse du coût du projet, un enjeu financier direct

Le principal enjeu financier de la nouvelle ligne de tramway T6 concerne le coût du projet, supporté par le SYTRAL. Nous considérons qu'il s'agit d'un enjeu direct, dans la mesure où il correspond au montant annoncé par le maître d'ouvrage lors de sa communication autour du projet. Le coût de celui-ci varie en fonction de plusieurs enjeux portés par le délégataire exploitant et les entreprises de réalisation des travaux (cf. chapitre 3), comme le montre l'ILLUSTRATION 6. Nous allons désormais nous intéresser à ces enjeux liés au coût du projet, n'étant pas en mesure d'estimer ce coût en lui-même, dans l'objectif d'identifier ceux susceptibles de différer d'une démarche à l'autre.

Tout d'abord, le coût du projet est directement lié à la variation du planning de l'opération, car les nuits courtes, aménagées et longues sont a priori payées le même prix aux entreprises de travaux. Pour le projet T6, nous avons relevé la durée du programme des interventions ponctuelles

élaboré pour chacune des trois démarches dans le TABLEAU 5, alors que les autres travaux restent vraisemblablement de même durée. Nous pouvons alors conclure que la troisième démarche est la moins coûteuse (80 nuits et 28 jours d'interventions ponctuelles), devant la deuxième (88 nuits et 28 jours), puis la première démarche (141 nuits et 27 jours).

Ensuite, les moyens matériels et humains de l'exploitant requis pour les essais ont des conséquences sur le coût de l'opération. Lors du phasage des essais pour le projet de tramway T6, nous avons recensé autant de rames et d'opérateurs d'essais pour les trois démarches (cf. § 3.1.1), ce qui nous laisse supposer que le coût du projet est lui aussi équivalent.

Enfin, le coût du projet varie avec les besoins d'exploitation supplémentaires pour les essais dynamiques (cf. § 3.2.1). Ils incluent le gardiennage des rames d'essais en dehors du dépôt, ainsi que l'acheminement des opérateurs d'essais jusqu'aux rames remisées en ligne. Nous avons identifié des ressources similaires pour les trois démarches étudiées dans le cadre du projet T6, ce qui aboutit aussi à un coût du projet invariant d'une démarche à l'autre.

Au vu de ces trois enjeux, nous pouvons apporter la même conclusion que celle concernant la variation du planning de l'opération, qui paraît être l'unique variante pour le projet T6. La dernière démarche semble donc être la moins coûteuse, devant la deuxième et loin devant la première.

2.3.2 Étude du coût d'exploitation engendré par le projet

L'autre enjeu financier du SYTRAL concerne le coût d'exploitation induit par la construction de la nouvelle ligne de tramway T6. Tout comme précédemment, nous pouvons identifier les enjeux liés à ce coût, afin de comparer les trois démarches proposées.

Le coût d'exploitation est d'abord influencé par les moyens matériels et humains de l'exploitant pour les besoins des PRT (bus, conducteurs et agents d'accueil), associés à l'amputation des gains engendrés par l'absence de circulation des tramways habituels (cf. § 3.1.1). Pour le projet T6, nous avons relevé les mêmes besoins en PRT pour les coupures d'exploitation des lignes T2, T4 et T5, mais ceux requis pour les essais varient (cf. TABLEAU 4). Nous en déduisons alors que le coût d'exploitation est plus faible pour la première démarche (35 nuits sollicitant des PRT), devant la troisième (41 nuits) et la deuxième (69 nuits). Même si nous ne tenons pas compte de la distance de ces plans de remplacement, susceptible de faire varier leur coût, les écarts semblent suffisamment importants pour ne pas modifier l'ordre établi.

Les besoins d'exploitation supplémentaires liés à l'absence d'accès au dépôt de tramway (cf. § 3.2.1) touchent également le coût d'exploitation. Ils incluent le gardiennage des rames en dehors du dépôt, leur nettoyage et leur maintenance, ainsi que l'acheminement des conducteurs jusqu'aux rames remisées en ligne. Ces ressources étant les mêmes pour chacune des démarches analysées, elles présentent toutes trois le même coût d'exploitation.

Finalement, seul l'enjeu lié aux ressources du délégataire exploitant pour la mise en place des PRT semble varier d'une démarche à l'autre, dans leur application au projet de tramway T6. Nous pouvons alors en tirer la même conclusion : la première démarche paraît être la moins coûteuse en termes d'exploitation, devant la troisième, puis la deuxième.

Nous constatons que les deux enjeux financiers étudiés n'apportent pas les mêmes conclusions quant à la hiérarchisation des trois démarches en termes de coût. Néanmoins, la dernière méthode reste toujours moins coûteuse que la deuxième, à laquelle le maître d'ouvrage pourrait ainsi renoncer. Quant à la première démarche, elle présente le coût du projet le plus élevé, mais le plus faible coût d'exploitation. Dans cette situation, nous supposons qu'il est préférable pour le maître d'ouvrage de communiquer autour d'un projet moins cher, quitte à ce que ce que le coût

d'exploitation induit soit plus élevé. Remarquons que chiffrer chacun de ces coûts nous aurait permis de justifier précisément le choix d'une démarche par rapport à une autre ; en particulier, il aurait été intéressant de connaître le pourcentage de ces variations de coût par rapport au coût global du projet (160 millions d'euros), afin de préciser le caractère essentiel ou non de ces enjeux financiers.

Pour finir, notons que les coûts étudiés sont distincts du coût global de possession (ou coût du cycle de vie), puisqu'ils n'incluent pas l'ensemble des dépenses liées à la nouvelle ligne de tramway. En effet, le coût global se compose habituellement du coût initial (correspondant au développement, à l'industrialisation et à la production) et des coûts récurrents (liés à l'exploitation, la maintenance et la destruction).

Ces trois enjeux majeurs sont très fortement liés entre eux et il existe un réel équilibre à trouver entre ces trois éléments pour répondre au mieux aux exigences formulées par le SYTRAL, unique décisionnaire d'un tel projet. Il peut en effet choisir de continuer ou d'abandonner le projet, de financer une option plutôt qu'une autre, d'impacter une ligne ou non, etc.

Au-delà des trois enjeux fondamentaux portés par le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre, le délégataire exploitant du réseau lyonnais et les entreprises de travaux défendent également leur position au travers d'enjeux organisationnels, que nous allons maintenant analyser.

3. DES ENJEUX PORTES PAR LE DELEGATAIRE EXPLOITANT ET LES ENTREPRISES DE TRAVAUX

Lors de l'élaboration du programme des interventions, le délégataire exploitant du réseau lyonnais et les entreprises de travaux portent des enjeux organisationnels. En effet, la construction d'une nouvelle ligne de tramway a d'une part des conséquences sur le réseau existant, impliquant alors pour l'exploitant de revoir l'habillage des rames et des conducteurs (allocation de ressources). D'autre part, chaque projet nécessite une organisation spécifique de la part de toutes les entreprises missionnées pour réaliser les travaux.

Certains de ces enjeux concernent les moyens matériels et humains requis, qui semblent être en mesure de limiter la réalisation du projet, alors que d'autres sont relatifs à diverses contraintes dont l'influence sur la prise de décision du SYTRAL nous paraît moindre. Ces enjeux organisationnels viennent impacter ceux du maître d'ouvrage (cf. ILLUSTRATION 6), avec plus ou moins d'importance. Nous allons désormais développer tous ces éléments via une double approche qualitative et quantitative, autant que possible, tout comme dans le chapitre précédent.

3.1 Détenir suffisamment de moyens matériels et humains, un enjeu limitant ?

L'un des enjeux de l'exploitant et des entreprises de travaux concerne leurs ressources matérielles et humaines requises dans le cadre du projet. Elles sont nécessaires pour mettre en place les Plans de Remplacement des Tramways (PRT), mais aussi pour réaliser les travaux et les essais dynamiques. Les points de vue que nous supposons être ceux de l'exploitant et des entreprises sont abordés dans cette partie.

Cet enjeu ne semble pas pouvoir être négligé par le maître d'ouvrage, dans la mesure où il a un effet direct sur la possibilité de réaliser ou non le projet. Il s'agirait ainsi d'un enjeu limitant dans la prise de décision du SYTRAL. Néanmoins, la quantification des ressources requises dans le cadre du projet T6 nous permettra de confirmer ou non cette supposition.

3.1.1 Des ressources de l'exploitant pour réaliser les essais dynamiques et instaurer les PRT

Pour le délégataire exploitant du réseau TCL et assistant au maître d'ouvrage pour la création de la ligne de tramway T6, la disponibilité des moyens matériels et humains sollicités est un enjeu capital. En effet, il doit pouvoir en mettre suffisamment à disposition du SYTRAL pour les besoins du projet, sans pour autant dégrader l'offre des lignes existantes. Ce changement d'organisation temporaire pour l'exploitant entraîne tout de même un risque de perte de qualité de la production sur le réseau lyonnais.

Ces moyens sont requis pour mettre en place les PRT (bus, conducteurs et agents d'accueil) et réaliser les essais dynamiques (rames et opérateurs d'essais). Nous pouvons alors comparer les trois démarches étudiées, pour ces deux types de ressources sollicitées dans le cadre du projet T6.

D'une part, les besoins en PRT ont été listés au paragraphe 2.1.2. Nous retrouvons des besoins permanents pour les coupures d'exploitation des lignes existantes T2, T4 et T5 lors des travaux des intersections avec la future ligne T6, ainsi que des besoins ponctuels pour certains travaux et essais. Chaque PRT se compose de bus, en remplacement des tramways habituels, ainsi que de personnel pour accueillir et guider les voyageurs aux deux stations terminus.

Remarquons que nous manquons de données (longueur et fréquence des PRT, nombre de personnes dédiées à l'accueil en station...) pour estimer précisément les ressources requises. Nous pouvons toutefois constater que les moyens sollicités pour les PRT liés aux coupures d'exploitation de T2, T4 et T5 sont les mêmes quelle que soit la démarche mise en œuvre. Quant aux besoins pour les interventions ponctuelles sur le réseau (cf. TABLEAU 4), la première démarche semble présenter le moins d'impacts en termes de moyens matériels et humains d'exploitation.

D'autre part, des rames et des opérateurs d'essais (OPE) sont requis pour la réalisation des essais dynamiques. Un extrait du PGES visant à expliciter la méthodologie de décompte de ces ressources est disponible en ANNEXE 2. Le tableau ci-dessous référence ces besoins par nuit, ainsi que la durée durant laquelle le matériel roulant devra être mis à disposition (NC pour nuit courte, NL pour nuit longue et J pour jour – leurs durées étant précisées pour chaque site d'essais en ANNEXE 1). Notons que les colonnes des deuxième et troisième démarches ne sont remplies que si elles diffèrent de la première, sinon elles y sont identiques.

Rames		Démarche 1		Démarche 2		Démarche 3	
32 m	43 m	OPE	Durée	OPE	Durée	OPE	Durée
Essais dynamiques en interface avec la ligne T1 (septembre 2018 et mai 2019)							
1	0	1	4 NC	2	2 NL	1	4 NC
2	0	4	1 NL				
3	0	6	2 NL				
3	0	3	2 NC	6	1 NL	6	1 NL
Essais dynamiques en interface avec la ligne T2 (avril et fin août 2018)							
1		1	1 NL				
2		2	1 NL				
Essais dynamiques en interface avec la ligne T4 (fin août 2018)							
0	2	4	1 NL				
Essais dynamiques sur l'ensemble de la ligne T6 (de juin à septembre 2019)							
0	2	4	2 NL				
3	0	6	2 NL				
0	2	4	1 NL				
0	2	2	2 NC	4	1 NL	4	1 NL
3	0	3	2 J				
0	2	2	1 J				
3	0	3	2 J				
0	2	2	1 J				
3	0	3	3 J				
1		1	2 J				
1		1	2 J				
3	3	6	2 J				
0	7	7	3 J				
7		7	2 J				
Total Durée		8 NC + 11 NL + 20 J		15 NL + 20 J		4 NC + 13 NL + 20 J	

TABLEAU 6 : Comparaison des moyens d'exploitation requis pour les essais dynamiques

Nous remarquons que seul le nombre de nuits dédiées aux essais dynamiques et leur durée varie avec la méthodologie utilisée : huit nuits courtes de la première démarche sont remplacées par quatre nuits longues dans la deuxième et, dans la dernière démarche, par quatre nuits courtes et

deux nuits longues. Toutefois, les ressources matérielles et humaines restent les mêmes quelle que soit la démarche considérée, étant donné qu'il faut deux conducteurs par rame pour une nuit longue, contre un seul pour une nuit courte qui dure environ deux fois moins de temps.

Notons que si les nuits courtes d'essais peuvent présenter un enjeu vis-à-vis du matériel roulant (celui-ci n'étant pas disponible pour des opérations de maintenance – cf. § 3.2.1), cet enjeu prend encore plus d'importance pour les nuits aménagées et longues, ainsi que pour les journées, puisque les essais ne doivent pas pénaliser la fréquence des autres lignes circulant en même temps sur le réseau. La première méthodologie étudiée semble ainsi être la moins impactante en termes de besoins matériels de l'exploitant pour les essais dynamiques.

Par ailleurs, il est intéressant de se focaliser sur les dates prévisionnelles des essais dynamiques. En effet, si les périodes estivales s'avèrent être les plus contraignantes quant à la disponibilité des opérateurs d'essais (cf. § 3.3.1), elles paraissent plus propices à l'utilisation de matériel roulant supplémentaire pour les essais – le trafic sur le réseau étant relativement faible par rapport au reste de l'année. Les dates des essais dynamiques permettent ainsi d'identifier les véritables enjeux liés aux ressources requises dans le cadre du projet T6. Nous pouvons constater que les trois essais dynamiques qui varient selon la démarche mise en œuvre sont programmés en septembre 2018, mai et juin 2019. Ces mois correspondent à des charges élevées sur le réseau lyonnais, en dehors de la période estivale, et peu de matériel roulant est requis pour ces trois essais, ce qui nous laisse supposer que les enjeux matériels et humains ne viennent limiter le projet que dans une moindre mesure, dès lors que l'une des démarches est acceptée par le maître d'ouvrage.

L'ensemble des ressources du délégataire exploitant requises ont un effet direct sur plusieurs enjeux majeurs portés par le SYTRAL : le planning du projet et les coûts.

D'abord, la disponibilité prévisionnelle des rames et des conducteurs à l'horizon des travaux et des essais de la nouvelle ligne vient fortement impacter le planning de l'opération. Cela semble pouvoir être anticipé plusieurs années à l'avance, au moins en partie, en tenant compte des projets planifiés à cette même date. Des événements exceptionnels de « dernière minute », ou du moins qui ne sont prévus que quelques semaines à l'avance, peuvent également venir retarder la réalisation des essais, dans la mesure où ils monopolisent de nombreux moyens d'exploitation. Par exemple, la date exacte et l'heure des matchs de football ne sont connus que deux semaines à l'avance, ce qui peut retarder d'éventuels essais prévus ce jour-là au profit de la desserte du Grand Stade. Finalement, nous supposons que le planning du projet T6 présente plusieurs périodes dites « critiques » en termes de moyens requis, bien que nous ne disposions pas des données suffisantes pour connaître précisément leur caractère contraignant ou non en matière d'exploitation :

- Les coupures des lignes T2, T4 et T5 auront lieu en même temps à l'été 2018, sollicitant de nombreux bus, conducteurs et agents d'accueil supplémentaires ;
- Les essais de charge de la ligne T6, prévus en septembre 2019, nécessitent sept rames d'essais, ainsi que des rames pour renforcer les lignes existantes T2, T4 et T5 interceptées visant à simuler un trafic d'heure de pointe (notons que cet essai n'est a priori pas réalisable dans de telles conditions, en raison du manque de moyens matériels de l'exploitant) ;
- D'autres projets du réseau TCL sont programmés durant les travaux du projet T6, ce qui réduit le matériel roulant disponible – c'est par exemple le cas de la mise en site propre du trolleybus C3.

En outre, les ressources du délégataire exploitant requises ont des conséquences financières. D'une part, le coût du projet augmente en même temps que les moyens nécessaires pour la réalisation des essais. Il est donc identique pour les trois démarches du projet de tramway T6. D'autre part, le coût d'exploitation croît avec les ressources induites par la mise en place des PRT. La première démarche semble ainsi avoir un coût d'exploitation réduit, contrairement à la deuxième. Remarquons que le coût d'un PRT est plus élevé que celui d'une ligne de tramway en mode nominal,

puisque du personnel est indispensable pour accueillir les voyageurs aux deux stations terminus du PRT, et la capacité d'un bus est plus faible que celle d'un tramway (sur le réseau lyonnais, la charge maximale d'un tramway est de 272 à 345 passagers¹, contre 50 à 110 passagers pour un bus²) ; néanmoins, nous pouvons supposer que la fréquence des bus de remplacement n'est pas aussi élevée que celle des tramways habituels, comme cela a récemment été le cas du projet de modification de la ligne T3.

Au vu de tous ces éléments analysés, nous pouvons apporter plusieurs conclusions. En termes de ressources pour l'instauration des PRT, la première démarche semble être celle à favoriser, tant pour le maître d'ouvrage que pour le délégataire exploitant, alors que les moyens requis pour la réalisation des essais dynamiques sont similaires d'une démarche à l'autre. Par ailleurs, les besoins matériels et humains engendrés par les PRT semblent effectivement être limitants pour la mise en œuvre du projet T6, alors que les ressources sollicitées pour les essais dynamiques ne le sont que dans une moindre mesure.

3.1.2 Des ressources requises auprès des entreprises pour la réalisation des travaux

Du point de vue des entreprises en charge de réaliser les travaux d'une nouvelle ligne, les moyens requis pour les besoins du projet semblent être un enjeu fort. Contrairement aux ressources de l'exploitant, celles des entreprises de travaux ne concernent que les moyens humains (ouvriers).

Remarquons que cette problématique ne rentre en considération que lorsque le phasage des interventions doit répondre à des contraintes de planning. En effet, il n'est a priori pas nécessaire de demander aux entreprises de travailler avec plus de personnel si aucune contrainte temporelle majeure n'existe. Ainsi, parmi les démarches analysées, seule la troisième est concernée par cet enjeu ; pour permettre une double optimisation du planning et des impacts sur le réseau exploité, les moyens humains des entreprises requis pour certaines interventions sont doublés.

Dans le cadre de l'application de la troisième démarche, le nombre de nuits sollicitant ces ressources supplémentaires est décompté, pour chaque marché du projet, dans le tableau ci-dessous. Nous distinguons les « nuits simples » (NS), où seule une entreprise travaille sur le chantier de la nouvelle ligne, des « nuits mutualisées » (NM), où deux entreprises travaillent simultanément.

Marchés	Nuits courtes		Nuits aménagées		Nuits longues		Total Nuits	
	NS	NM	NS	NM	NS	NM	NS	NM
LAC	13	5	5	5	4	3	22	13
CFO	2	2	5	5	3	3	10	10
PFV	5	2	2	0	1	0	8	2
INFRA	5	5	0	0	0	0	5	5
							45	30 / 2 = 15

TABLEAU 7 : Marchés requérant des moyens humains doublés pour l'application de la troisième démarche au projet T6

¹ Respectivement pour les tramways Alstom Citadis 302 et Alstom Citadis 402

² Respectivement pour les bus standards Irisbus Agora Line et les bus articulés Irisbus Citelis 18

Cette quantification montre que seuls quatre marchés sont concernés par la multiplication des moyens : la ligne aérienne (LAC), suivi de l'énergie (CFO), puis des marchés infrastructures (INFRA) et plateforme voie ferrée (PFV). Cela représente un total de 60 nuits de travaux, dont 15 sont utilisées par deux entreprises à la fois. Ce nombre relativement conséquent, représentant plus de la moitié des interventions obtenues avec la troisième démarche, vient confirmer l'importance de cet enjeu pour les entreprises de travaux.

Par ailleurs, ces ressources ont un effet direct sur l'un des trois enjeux majeurs portés par le SYTRAL : le planning du projet. En effet, plus l'entreprise dispose d'ouvriers et plus le planning de l'opération peut être réduit, jusqu'à une certaine limite liée aux contraintes de coactivité (cf. § 3.2.2).

Notons que nous négligeons les conséquences de cet enjeu sur le coût du projet. Pour cela, nous réalisons l'approximation suivante : deux nuits avec une équipe d'ouvriers coûtent le même prix qu'une nuit avec deux équipes, quel que soit le type de nuit utilisé. Dans la réalité, un ouvrier qui travaille de nuit bénéficie ensuite d'un repos compensatoire d'au moins une journée, avant de pouvoir à nouveau travailler de jour (10). De cette façon, plus les nuits de travail sont regroupées entre elles et plus la différence de coût entre une et deux équipes d'ouvriers est minime.

Compte tenu des moyens humains des entreprises de travaux sollicités pour le projet T6, il semble logique que le SYTRAL privilégie la dernière démarche s'il souhaite réduire le planning de l'opération, pour un coût du projet globalement équivalent (en réalité, un peu plus élevé). Le caractère limitant de ces ressources en main d'œuvre s'avère donc bien réel, dès lors que des contraintes temporelles existent.

3.2 Des enjeux essentiels présentant un risque acceptable pour le maître d'ouvrage ?

D'autres enjeux du délégataire exploitant et des entreprises de travaux sont développés dans cette partie. Ils sont liés, d'une part, à l'organisation de l'exploitation du réseau et, d'autre part, aux contraintes de coactivité des entreprises durant les travaux de la nouvelle ligne de tramway.

Si l'exploitant et les entreprises portent une grande importance à ces enjeux, le point de vue du maître d'ouvrage sur la question paraît différent. En effet, ces problématiques organisationnelles ne semblent pas être intégralement prises en considération par le SYTRAL au cours du projet.

3.2.1 Des besoins d'exploitation supplémentaires pour répondre à une organisation spécifique

Des enjeux organisationnels liés à l'exploitation du réseau de tramway semblent rentrer en ligne de compte. Ils peuvent avoir deux causes distinctes, à savoir la réalisation d'essais dynamiques ou l'absence d'accès au dépôt de tramway. De plus, ils engendrent des besoins d'exploitation supplémentaires.

D'une part, ils peuvent être directement liés aux essais dynamiques, soit parce que les rames ne peuvent pas être retirées du réseau entre deux essais, soit parce qu'il est préférable de les positionner à proximité du site d'essais pour optimiser leur réalisation. Dans ces situations, le gardiennage des rames d'essais en dehors du dépôt est requis afin d'éviter tout vandalisme et de veiller au bon état des tramways. De plus, les conducteurs effectuent leur prise de service et leur fin de service dans le dépôt auquel ils sont affectés ; si les rames n'y sont pas remisées, ils doivent alors être acheminés en ligne jusqu'à celles-ci.

Lors de la planification des essais du projet T6, nous avons identifié deux essais pouvant nécessiter du gardiennage : l'essai de GLO des lignes T2 et T5 à Desgenettes (fin août 2018) et l'essai de GLO de l'ensemble de la ligne T6 (début juin 2019). Leur durée est la même quelle que soit la démarche prise en considération.

D'autre part, des enjeux d'exploitation existent dès lors que les rames n'ont plus accès au dépôt, soit parce que celui-ci est condamné (travaux sur les lignes qui y mènent ou au dépôt même), soit parce que les rames sont réquisitionnées en permanence (par exemple, pour l'exploitation en journée et des essais dynamiques la nuit). Dans ces cas-là, le gardiennage et l'acheminement des conducteurs jusqu'aux rames situées en ligne sont également requis. En outre, le nettoyage des rames est indispensable pour continuer de garantir le confort et la satisfaction des usagers, mais aussi pour répondre aux objectifs fixés par le SYTRAL (avec un système de bonus-malus spécifique au contrat de délégation qui unit le SYTRAL et Keolis Lyon). La maintenance des tramways en dehors du dépôt devient aussi essentielle, dès lors qu'ils n'y rentrent pas durant plus de deux jours ; si la maintenance sécuritaire (niveaux 2 et 3) peut être programmée en tenant compte de ces contraintes, la maintenance quotidienne (niveau 1) doit être organisée autrement, par exemple dans un autre dépôt ou en ligne.

Pour le projet de tramway T6, l'accès au dépôt de Saint-Priest (où est remisé le parc de matériel roulant des lignes T1, T2, T4 et T5) sera condamné durant les travaux de l'intersection T2-T5/T6 Desgenettes, entre début mai et début septembre 2018. Ce même accès sera également bloqué durant trois nuits longues pour les essais de la zone de manœuvre T2-T5/T6 Desgenettes, en juin 2019. Notons que les contraintes liées aux essais de cette zone sont négligeables par rapport à celles liées aux travaux, d'autant plus que l'accès au dépôt restera possible chaque jour entre 4h et 21h. Ces conséquences sont identiques pour les trois démarches étudiées.

Ces différents enjeux organisationnels du délégataire exploitant ont des répercussions financières. Ils impactent directement le coût du projet, s'ils concernent les essais, alors qu'ils se répercutent sur le coût d'exploitation, s'ils sont liés à l'absence d'accès au dépôt de tramway. Plus les besoins d'exploitation supplémentaires (gardiennage, nettoyage, maintenance et acheminement des conducteurs) sont élevés et plus les coûts le sont aussi.

Il semble alors logiquement préférable, tant pour l'exploitant que pour le maître d'ouvrage, de ne pas impacter l'accès des dépôts de tramway lors de la réalisation des travaux. Toutefois, cela s'avère parfois inévitable lors de certains travaux ou essais, pour lesquels l'exploitant devra s'organiser en conséquence, risquant là encore d'entraîner une perte de qualité sur le réseau lyonnais. Cet enjeu, essentiel pour l'exploitant, paraît présenter un risque acceptable aux yeux du maître d'ouvrage, dans la mesure où une organisation spécifique alternative est possible. Par ailleurs, cet enjeu ne permet pas de privilégier une démarche plutôt qu'une autre.

3.2.2 Des contraintes liées à la coactivité des entreprises de travaux

Dans le projet T6 d'extension du réseau de tramway lyonnais, les entreprises en charge de réaliser les travaux font face à des contraintes en lien avec leur coactivité. Celles-ci peuvent être plus ou moins gênantes selon les domaines d'activité des entreprises.

Leur prise en compte peut avoir des conséquences sur le planning du projet. D'une part, il existe des contraintes limitantes :

- certaines tâches sont incompatibles – par exemple, une intervention qui requiert la consignation de la ligne aérienne n'est pas compatible avec une autre qui nécessite l'utilisation de la ligne aérienne sur la même section ;
- certaines tâches doivent impérativement être effectuées consécutivement – par exemple, une GBA (glissière de sécurité en béton armé) doit être posée juste après la coupure des rails, pour séparer une section de ligne en exploitation d'une section en travaux ;
- certaines tâches nécessitent un temps d'attente donné – par exemple, au moins une semaine est requise entre les deux séances d'essais des Signalisations Lumineuses Tricolores (SLT) pour permettre leur réglage ;
- etc.

D'autre part, il est préférable d'éviter à certains marchés de travailler en même temps sur une même section de ligne, sans que cela soit pour autant impossible. C'est notamment le cas des opérations réalisées sur la plateforme de tramway (marché PFV) et la ligne aérienne (marché LAC). Pour cette raison, la dépose du californien (PFV) et de sa caténaire provisoire (LAC) sur la ligne T2 est planifiée sur deux jours (fin août 2018), laissant ainsi une journée de travail à chaque marché et évitant à chacun de perturber le travail de l'autre. Dans certaines situations, il pourra être privilégié des interventions sur des sections de lignes différentes, permettant également un travail plus aisé des entreprises.

L'ensemble de ces situations contraignantes semble ainsi à éviter, tant du point de vue du maître d'ouvrage que des entreprises de travaux. Néanmoins, certaines exigences temporelles rendent la coactivité des entreprises inévitable, celle-ci ne semblant être prise en considération par le maître d'ouvrage que dans une moindre mesure. Par ailleurs, une fois encore, cet enjeu ne permet pas de favoriser une démarche plutôt qu'une autre.

3.3 Divers enjeux organisationnels, minimes à l'échelle d'un tel projet ?

Nous avons identifié trois autres enjeux bien distincts, abordés dans cette dernière partie, dont semblent tenir compte l'exploitant et les entreprises de travaux. Ils sont relatifs à l'organisation des congés des agents d'exploitation et des ouvriers, à l'organisation de la formation pratique des conducteurs de tramway, et au temps d'intervention disponible chaque nuit.

Tout comme ceux de la partie précédente, ces enjeux ne semblent pas considérés par le maître d'ouvrage de la même façon que par le délégataire exploitant ou les entreprises. En effet, ces problématiques organisationnelles peuvent paraître mineures dans un contexte de projet d'envergure, tant pour le SYTRAL que pour toute personne extérieure. Elles semblent ainsi ne pas devoir perturber le déroulement du projet, mais au contraire s'y adapter, tout en étant quelque peu évoquées lors de l'élaboration du programme des interventions.

3.3.1 L'organisation des congés des agents d'exploitation et des ouvriers

L'un de ces enjeux est relatif à l'organisation des congés du personnel d'exploitation et des ouvriers. Il est traité par l'exploitant et les entreprises de travaux, en coordination avec leurs besoins matériels et humains, notamment en période estivale.

L'organisation de ces congés présente un lien particulier avec le planning du projet. En effet, ce ne sont pas les congés des employés qui définissent le calendrier de l'opération, mais bien l'inverse (cf. ILLUSTRATION 6).

Plusieurs phases du projet de tramway T6 semblent devoir faire l'objet d'une attention particulière. Pour le délégataire exploitant, retenons les périodes suivantes : les coupures d'exploitation des lignes T2, T4 et T5 à l'été 2018 et les essais préalables aux remises en service de ces lignes, ainsi que les essais dynamiques d'ensemble prévus à l'été 2019. Pour les entreprises, les travaux des intersections T2-T5/T6 et T4/T6, programmés à l'été 2018, semblent être les plus contraignants en termes de moyens humains requis.

Toutefois, d'autres contraintes existent probablement, sans que nous soyons en mesure de les lister. De plus, celles-ci sont difficilement quantifiables, car nous ne disposons pas de bon nombre de données nécessaires.

Chacune des démarches étudiées disposant des mêmes contraintes en termes de congés des employés de l'exploitant et des entreprises de travaux, aucune d'entre elle ne semble pouvoir être privilégiée suite à l'analyse de cet enjeu.

3.3.2 L'organisation de la formation pratique des conducteurs de tramway sur la nouvelle ligne

Un autre de ces enjeux considérés comme étant minimes concerne le temps disponible pour réaliser la formation pratique des conducteurs de tramway. En effet, l'exploitant ne peut mettre en service une zone du réseau que si les conducteurs y ont auparavant été formés, à la fois en théorie et en pratique. Si la formation théorique est réalisée en amont, la formation pratique est souvent réalisée en parallèle des essais dynamiques ; c'est ce qui a été demandé par l'exploitant lors de l'étude menée pour le projet de création de la ligne T6.

Le planning de l'opération peut alors subir des impacts, dans le sens où une période d'essais dynamiques trop courte ne permettrait pas de former l'ensemble des conducteurs sur une zone, entre la fin des travaux et la mise en service de celle-ci.

Prenons l'exemple de la zone de manœuvre T2-T5/T6 Desgenettes, qui sera fonctionnelle au début des essais dynamiques d'ensemble, en juin 2019. Notons que cette zone nous semble être la seule ayant un délai réduit disponible pour la formation, nécessitant ainsi une organisation optimisée du délégataire exploitant. Chacun des phasages proposés compte approximativement une semaine d'essais, durant laquelle la formation pratique des conducteurs devra être réalisée. Plus précisément, la première démarche prévoit cinq nuits d'essais, contre quatre nuits pour les deuxième et troisième méthodes. Si la différence semble minime, remarquons tout de même que la formation pratique des conducteurs pourrait également se dérouler durant les week-ends jouxtant ces nuits d'essais, à savoir deux week-ends pour la première démarche (soit une durée totale disponible de 9 jours maximum), contre un seul pour les autres (soit un maximum de 6 jours disponibles) – comme illustré ci-dessous.

	Sam.	Dim.	Lundi	Mardi	Merc.	Jeudi	Vend.	Sam.	Dim.
Démarche 1									
Démarche 2									
Démarche 3									

Légende

-  Essais de la zone de manœuvre mutualisés avec la formation pratique des conducteurs
-  Week-end durant lesquels peuvent aussi se dérouler la formation pratique

TABLEAU 8 : Planning illustratif pour la mutualisation des essais et de la formation pratique des conducteurs de tramway sur la zone de manœuvre T2-T5/T6 Desgenettes

Dans ce contexte, il paraît préférable d'utiliser la première méthodologie, qui laisse à l'exploitant un maximum de temps pour la réalisation de la formation pratique de ses conducteurs de tramway. En outre, il se peut que les deuxième et troisième démarches ne puissent pas être mises en place, étant donné la très courte durée disponible. Toutefois, nous ne disposons pas des connaissances suffisantes pour évaluer la durée de formation et ainsi pouvoir répondre à cette interrogation.

3.3.3 Des contraintes liées au temps d'intervention disponible chaque nuit pour les entreprises

Le dernier enjeu que nous traitons est supposé être porté par les entreprises en charge de réaliser les travaux et les essais de la nouvelle ligne de tramway. Selon le type de nuit (courtes, aménagées ou longues) accordé par le maître d'ouvrage, les entreprises disposent de plus ou moins de temps d'intervention et doivent parfois faire face à de nouvelles contraintes. En effet, des nuits trop courtes peuvent générer du stress auprès des ouvriers, qui risquent alors de commettre plus d'erreurs. Par exemple, si un problème survient lors d'une nuit courte, les ouvriers n'ont que peu de temps pour le résoudre, alors qu'une nuit longue leur aurait laissé davantage de marge ; cela peut également compromettre la reprise d'exploitation de l'ensemble du réseau le lendemain matin, et ainsi avoir des conséquences majeures pour tous les acteurs du projet.

Des temps d'intervention trop courts risquent alors d'engendrer l'utilisation de nuits de réserve supplémentaires, afin de finaliser les travaux. Cet enjeu a donc une incidence directe sur le planning du projet. La première démarche étant celle qui utilise le plus de nuits courtes (98, contre 11 pour la deuxième méthode et 31 pour la troisième – cf. § 2.2.2), elle risque de durer plus longtemps que ce qui a été programmé à ce stade des études.

Au-delà des conséquences sur le calendrier de l'opération, le coût du projet est également impacté. Une nuit – qu'elle soit courte, aménagée ou longue – étant a priori payé le même prix aux entreprises, le coût du projet croît quand la durée des nuits accordées diminue. C'est d'autant plus le cas que l'utilisation de nuits courtes risque d'allonger le planning du projet et donc son coût. La première démarche paraît ainsi être celle qui crée le coût d'opération le plus élevé

Au vu de cette analyse des temps d'intervention disponibles, nous pouvons supposer que la première démarche visant à minimiser les impacts sur le réseau existant est plus contraignante que les deux autres, tant pour les entreprises de travaux que pour le maître d'ouvrage. Au contraire, la deuxième méthode paraît être à favoriser, étant donné qu'elle compte le moins de nuits courtes.

L'ensemble des enjeux portés par le délégataire exploitant et les entreprises de travaux ont des conséquences plus ou moins importantes sur les enjeux majeurs du maître d'ouvrage, mais ne semblent pas toujours pris en considération à leur juste valeur lors du phasage des travaux et des essais dynamiques.

Les résultats de l'étude menée dans ces deux chapitres peuvent désormais être mis en relation pour apporter toutes les conclusions adaptées à la problématique posée, en prenant soin d'en rappeler les limites.

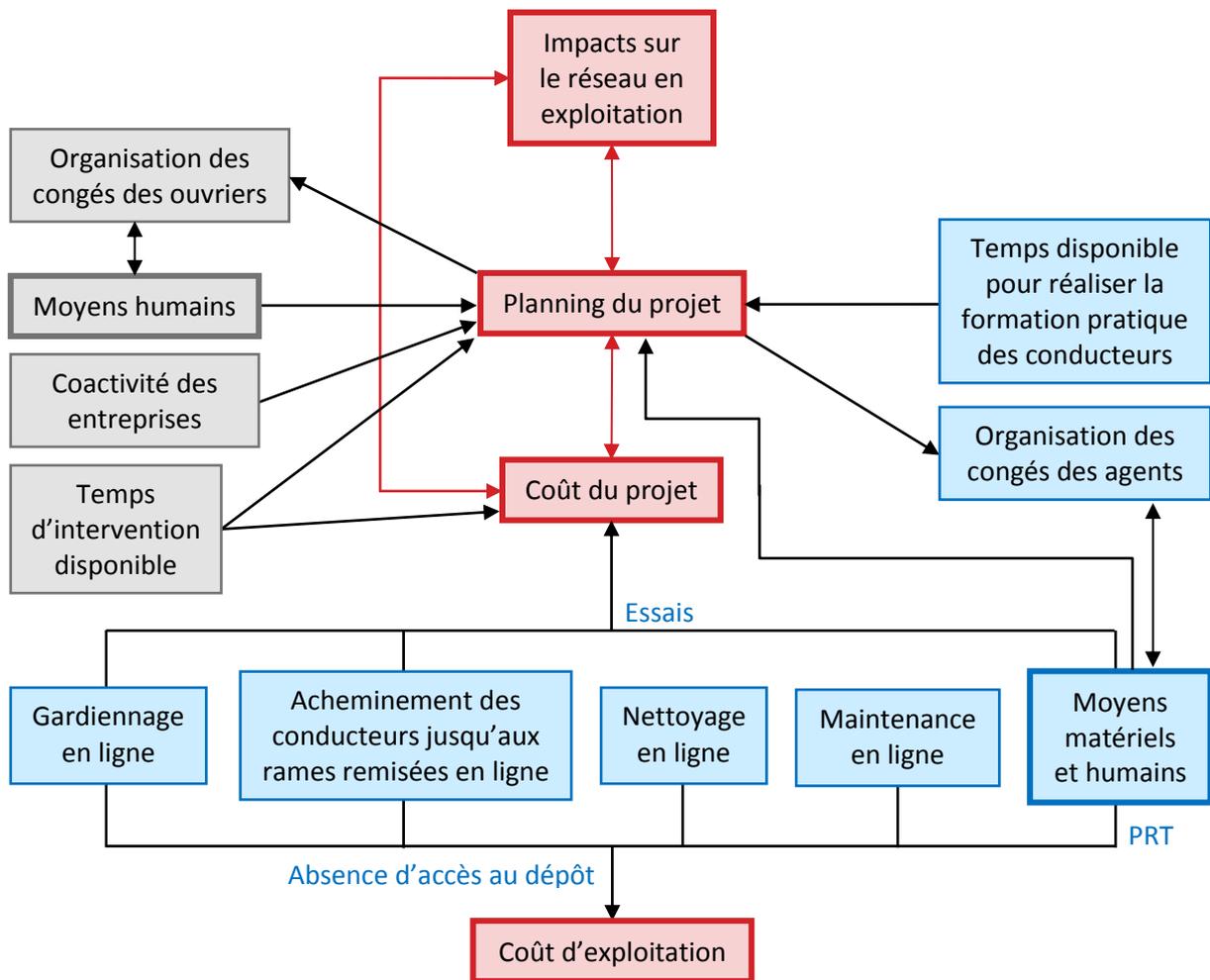
4. CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE

Pour clore ce document, nous nous proposons de synthétiser l'ensemble de l'étude menée quant à la prise en compte des enjeux portés par les différents acteurs du projet de création de la ligne de tramway T6. Trois démarches ont été étudiées et comparées dans ce rapport, concernant l'élaboration du programme des essais préalables à la mise en service de la nouvelle ligne. Pour rappel, la première démarche vise à minimiser les impacts sur le réseau existant, la deuxième a pour objectif de réduire le planning de l'opération autant que possible, alors que la dernière consiste à augmenter les moyens humains des entreprises de travaux afin de minimiser à la fois les perturbations sur l'exploitation et le planning du projet.

Cette mise en perspective finale permet d'abord de synthétiser notre réponse à la problématique, puis d'en expliquer les limites et les prolongements envisageables.

4.1 Hiérarchisation et corrélation des enjeux

Le schéma suivant reprend l'ensemble des enjeux portés par les différents acteurs du projet de création de la ligne de tramway T6, ainsi que les liens qui existent entre ces enjeux. Il permet également de mettre en évidence ceux que nous supposons être les plus importants aux yeux du maître d'ouvrage, à travers leur hiérarchisation précédemment explicitée dans ce document. Ainsi, nous regroupons les enjeux supposés majeurs ou limitants sous l'appellation d'enjeux principaux. Quant aux autres enjeux portés par le délégataire exploitant et les entreprises de travaux, ils semblent avoir une importance moindre aux yeux du maître d'ouvrage. En effet, de par la difficulté du SYTRAL à concilier ses propres enjeux, il peut sembler logique qu'il ne cherche pas à optimiser les autres. Ces arguments peuvent ainsi expliquer sa position.



Légende

Principaux enjeux pris en compte par le maître d'ouvrage (dits « majeurs » et « limitants »)

Enjeux du maître d'ouvrage (SYTRAL)

Enjeux du délégataire exploitant (Keolis Lyon)

Enjeux des entreprises de travaux

→ ... a un impact sur ...

Essais Raison pour laquelle les ressources de l'exploitant sont requises

ILLUSTRATION 6 : Liens entre les enjeux d'élaboration du programme des interventions

4.2 Synthèse de l'analyse comparative des trois démarches

L'ensemble des conclusions apportées dans ce rapport sont reprises dans le tableau ci-dessous. En particulier, nous y retrouvons chacun des enjeux identifiés, leur importance supposée dans la prise de décision du SYTRAL (colonne « type d'enjeu »), ainsi que leur quantification pour les trois démarches analysées, lorsque cela est possible. Nous pouvons ainsi synthétiser la comparaison des trois démarches étudiées à travers la mise en place d'un code couleur, qui est le suivant : la case verte indique la meilleure démarche pour l'enjeu concerné (enjeu positif), la case rouge représente la moins avantageuse (enjeu négatif) et la case orangée correspond à un entre deux (enjeu médian), qui n'est toutefois pas nécessairement un juste milieu entre les deux autres démarches.

Enjeu	Type d'enjeu	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
Impacts sur l'exploitation	Majeur	194:40 (35 nuits)	418:40 (69 nuits)	265:40 (41 nuits)
Planning du projet (selon la durée des interventions ponctuelles)	Majeur	27 jours 140 nuits	28 jours 88 nuits	28 jours 80 nuits
Coût du projet (selon la durée du planning)	Majeur (direct)			
Coût d'exploitation (selon les moyens de l'exploitant pour les PRT)	Majeur (induit)			
Moyens de l'exploitant pour les PRT (selon la durée des PRT)	Limitant	110:30	240:10	160:00
Moyens de l'exploitant pour les essais dynamiques	Limitant	Même nombre de rames et d'opérateurs d'essais requis pour les trois démarches		
Moyens des entreprises	Limitant	-		Effectifs doublés
Besoins d'exploitation supplémentaires	Acceptable	Besoins identiques pour les trois démarches		
Coactivité des entreprises	Acceptable	Mêmes contraintes pour les trois démarches		
Organisation des congés des agents d'exploitation et des ouvriers	Minime	Identique pour les trois démarches		
Temps disponible pour réaliser la formation pratique des conducteurs (seule zone concernée : T2-T5/T6 Desgenettes)	Minime	5 jours 2 week-ends	4 jours 1 week-end (impossible ?)	4 jours 1 week-end (impossible ?)
Temps d'intervention disponible chaque nuit (selon les nuits courtes)	Minime	98 nuits courtes	11 nuits courtes	31 nuits courtes

TABLEAU 9 : Synthèse des enjeux et de leur importance pour chaque démarche considérée

Nous pouvons alors dresser le « portrait-robot » des trois démarches analysées dans ce rapport, vis-à-vis des enjeux portés par le maître d'ouvrage :

- La première démarche crée un planning relativement long, ayant des impacts minimes sur le réseau existant, induisant un coût du projet élevé et un coût d'exploitation réduit ;
- La deuxième démarche aboutit à un planning plutôt court, mais ayant de forts impacts sur le réseau exploité, engendrant un coût du projet réduit et un coût d'exploitation élevé ;
- La dernière démarche permet d'obtenir un planning court, avec des impacts réduits sur les lignes existantes, induisant un coût du projet réduit et un coût d'exploitation moyen.

Nous pouvons également décompter les enjeux par type et par démarche, selon le même code couleur que précédemment. Ce bilan quantitatif est présenté dans le tableau suivant :

Type d'enjeux	Démarche 1			Démarche 2			Démarche 3		
Majeurs et limitants	3	1	2	0	3	3	3	3	0
Acceptables et minimes	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Nbre total d'enjeux	4	1	3	1	3	4	3	4	1

TABLEAU 10 : Décompte des enjeux de chaque démarche selon leur importance supposée

Nous constatons que la première démarche comptabilise le plus d'enjeux positifs, mais aussi plusieurs enjeux négatifs. La troisième méthode présente également bon nombre d'enjeux positifs pour un seul enjeu négatif, qui pourrait ainsi en faire la démarche la plus favorable. Quant à la deuxième, elle paraît être la moins avantageuse, avec quatre enjeux négatifs et un seul enjeu positif.

En ne prenant désormais en considération que les enjeux supposés principaux et que nous avons pu quantifier, les points forts et les points faibles de chaque démarche peuvent être visualisés sur le diagramme ci-dessous. Notons que des détails de réalisation sont apportés en ANNEXE 4.

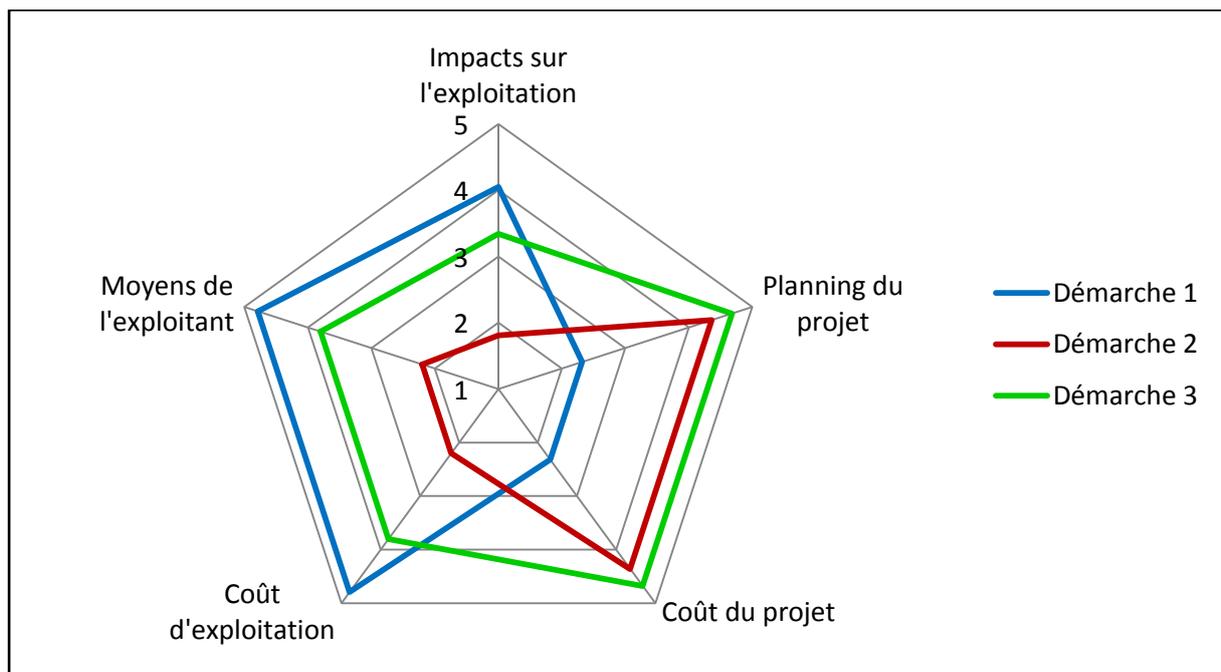


ILLUSTRATION 7 : Diagramme de synthèse des principaux enjeux quantifiés pour les trois démarches

Les conclusions formulées pour l'ensemble des enjeux (cf. TABLEAU 10) se confirment pour les principaux enjeux quantifiables. En effet, cette illustration met en évidence les trois faiblesses majeures de la deuxième démarche (les impacts sur l'exploitation, le coût d'exploitation et les moyens d'exploitation requis), ainsi que les deux faiblesses – moins marquées – de la première démarche (la durée du planning et le coût du projet). Nous remarquons que les points forts et les points faibles de ces deux méthodologies sont exactement opposés. Au contraire, la dernière démarche paraît plus homogène que les deux autres, sans véritablement présenter de points faibles ; cela traduit bien le double objectif de celle-ci, qui consiste à minimiser à la fois les impacts sur le réseau en exploitation (qui est le but de la première démarche) et le planning de l'opération (qui est la finalité de la deuxième démarche).

Au travers de l'étude menée tout au long de ce document, la dernière méthodologie apparaît comme étant la plus favorable pour le projet de création de la ligne de tramway T6. La première méthode semble également plutôt intéressante, alors que la deuxième paraît largement défavorisée.

Malgré ces constatations, c'est bel et bien la première méthodologie qui a été retenue par le maître d'ouvrage pour l'élaboration du programme des travaux et des essais de la nouvelle ligne. La troisième démarche a également été appliquée ponctuellement, pour la remise en service des lignes T2 et T5 à la fin de l'été 2018, afin de garantir le respect du planning jalonné.

Nous pouvons alors supposer que l'enjeu lié aux impacts du réseau en exploitation a une importance considérable aux yeux du maître d'ouvrage, au-delà de ce que nous pouvions imaginer à travers la formulation dans le CCTP de maîtrise d'œuvre (7). Limiter les impacts des travaux et des essais sur l'exploitation des lignes existantes semble ainsi être la principale priorité du SYTRAL, afin de ne pas trop perturber les usagers dans leurs déplacements quotidiens. De cette façon, le renouvellement de son pouvoir politique semble être privilégié, quitte à financer un projet plus coûteux.

4.3 Limites de l'exercice

L'étude menée présente plusieurs limites, à commencer par le choix des démarches étudiées. Si l'analyse des première et troisième méthodologies paraît légitime, compte tenu de leur application au projet T6, la prise en compte de la deuxième démarche semble pouvoir être remise en cause. Ce choix s'est pourtant fait tout naturellement, suite à l'élaboration du programme des essais de la future ligne T6. En effet, les principales tâches de ce phasage consistaient à estimer les périodes d'intervention et les impacts sur le réseau en exploitation alors, ces perturbations faisant l'objet de la première démarche, les périodes d'intervention ont logiquement donné lieu à la deuxième, d'autant plus que la troisième est un mixte de celles-ci.

Par ailleurs, certains enjeux en eux-mêmes peuvent être contraignants pour notre étude. D'abord, nous supposons ne pas connaître l'ensemble des enjeux politiques défendus par le SYTRAL et intervenant dans un tel projet. De cette façon, nous pouvons difficilement définir la notion d'acceptabilité des impacts sur l'exploitation pour les usagers. En effet, nous avons décompté les différentes perturbations du réseau et les plans de remplacement induits, puis tenté de déterminer leur lisibilité auprès du grand public, mais sans pour autant savoir s'ils sont acceptables ou non pour le maître d'ouvrage.

Ensuite, nous n'avons pas connaissance de nombreuses données « confidentielles », indispensables notamment pour estimer les coûts du projet et d'exploitation. Ainsi, nous ne pouvons pas analyser l'enjeu financier de ce projet dans les détails. La confrontation des trois démarches a

tout de même été possible, grâce à l'analyse des éléments nécessaires à la réalisation de ces chiffrages.

Enfin, nous ne disposons pas de connaissances suffisantes sur la formation pratique des conducteurs, afin d'évaluer la durée de formation nécessaire sur la zone concernée. Cela ne nous permet donc pas de savoir si l'usage des deuxième et troisième démarches reste possible dans ce cas-là, malgré un délai de réalisation relativement court.

Finalement, cette étude pourrait être complétée avec l'ensemble de ces données, afin de confirmer – ou d'infirmer – les conclusions formulées.

Notons que les trois démarches d'élaboration du programme des essais considérées peuvent être appliquées à d'autres projets, quel que soit leur contexte, dès lors qu'une planification de ce type est requise. Chacune d'entre elle permet de répondre à une demande précise du maître d'ouvrage, selon ses contraintes et ses priorités.

Toutefois, la comparaison de ces trois démarches – réalisée pour la création de la ligne de tramway T6 – ne peut être reproduite à l'identique dans le cadre d'autres projets. En effet, les conclusions obtenues ne sont pas généralisables, compte tenu des spécificités et des enjeux qui diffèrent d'un projet à l'autre. Chaque nouveau projet devrait donc faire l'objet d'une étude de ce type, afin que la décision prise soit la plus adaptée à chaque situation rencontrée.

4.4 Prolongements de l'étude

Pour poursuivre cette étude, nous pourrions nous interroger sur le caractère novateur du phasage des essais en phase projet, très en amont de leur réalisation, alors qu'il n'était auparavant effectué que quelques mois avant les essais. En effet, nous pouvons nous demander ce qui va advenir des estimations (durée du planning, impacts sur l'existant...) – relativement précises – qui ont été réalisées, alors que les entreprises de travaux devront elles aussi proposer ce type de planification.

De nombreuses questions restent actuellement sans réponse : Comment la programmation des travaux et des essais sera-t-elle prise en compte dans les marchés des entreprises ? Faut-il leur fournir les durées d'intervention estimées, ou seulement fixer des jalons pour guider leur planification ? Faut-il considérer l'existence de nuits courtes, aménagées et longues, ou seulement utiliser la notion de nuits sans plus de précision ? Etc. Des réponses à ces interrogations devront être apportées par le maître d'ouvrage, en relation avec le délégataire exploitant et la maîtrise d'œuvre, afin de gérer au mieux cette nouvelle situation et, éventuellement, de la reproduire à l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Systra**. *Projet de tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est - Dossier de concertation*. 15/12/2014.
2. **SYTRAL**. Projets - Création du tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est. [En ligne] www.sytral.com.
3. **Légifrance - Le service public de la diffusion du droit**. Loi n°2001-1168 du 11 décembre 2001 portant mesures urgentes de réformes à caractère économique et financier (MURCEF). [En ligne] www.legifrance.gouv.fr.
4. **SYTRAL**. Le contrat d'exploitation du réseau TCL - Comprendre les mécanismes du plus gros contrat de France. *Mobiles - Le Magazine d'actualité du SYTRAL*. Édition n°6, 30/04/2015.
5. **Systra**. Groupe - Qui sommes-nous ? [En ligne] www.systra.com.
6. —. Projets - Tramway de Bordeaux - Lignes A, B et C. [En ligne] www.systra.com.
7. **SYTRAL**. *Projet de tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est - Marché de maîtrise d'œuvre - Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)*.
8. **Keolis Lyon**. *Projet de tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est - Plan d'Assurance Qualité (PAQ)*. 02/10/2014.
9. **Systra**. *Projet de tramway T6 entre Debourg et Hôpitaux Est - Plan Général des Essais Système (PGES)*. 04/07/2016.
10. **République française**. Travail de nuit du salarié. [En ligne] 08/01/2016. www.service-public.fr.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Extrait du Plan Général des Essais Système (PGES) relatif à la méthodologie appliquée

Créneaux horaires des interventions

Les plages horaires des interventions définies dans ce paragraphe n'incluent pas les temps d'acheminement des rames d'essais du dépôt jusqu'au site d'essais, ni le temps de retour des rames d'essais au dépôt.

Démarche pour dénombrer le nombre de jours et de nuits d'intervention

La démarche appliquée pour déterminer, pour chaque phase, le volume en jours et nuits d'intervention, a eu pour objectif de **limiter les impacts sur l'exploitation voyageurs** des lignes existantes. C'est-à-dire que les nuits courtes ont été favorisées autant que possible, au détriment des nuits aménagées, nuits longues ou journées qui peuvent toutes trois présenter des impacts sur l'exploitation. L'amplitude horaire des nuits courtes ne permet pas de massifier autant que souhaité les interventions. Ce choix a donc eu pour effet d'augmenter le nombre de nuits d'intervention nécessaires.

Interventions de nuit

Trois types de nuits sont pris en compte :

- **Nuits courtes** : elles correspondent au temps disponible sur le site d'essais entre le passage de la dernière rame le soir et le passage de la première rame le matin, c'est-à-dire à la période disponible hors exploitation et hors passage de rames HLP. En particulier, une nuit courte au PCT correspond à la période où celui-ci n'est pas exploité.
- **Nuits aménagées** : ce type de nuits est créé en supprimant des services d'extrême soirée circulant sur les zones impactées. Elles sont utilisées uniquement si les interventions ne peuvent être réalisées lors de nuits courtes.
- **Nuits longues** : elles correspondent à des plages horaires élargies en supprimant les services de soirée. Elles sont utilisées uniquement si les interventions ne peuvent être réalisées lors de nuits aménagées.

La durée de ces différents types de nuits varie selon les sites d'essais. Elle est reprise dans le tableau suivant :

	Nuit courte	Nuit aménagée	Nuit longue
Zone T1/T6 à Debourg	00h45 – 04h20	00h00 – 04h20	21h00 – 04h20
Croisement T4/T6 à Beauvisage	01h40 – 04h00	00h00 – 04h00	21h00 – 04h00
Croisement T2-T5/T6 à Desgenettes	01h40 – 04h00 (*)		
PCT de Saint-Priest	01h50 – 03h25		

(*) Durant la phase de coupure des lignes T2 et T5 pour les travaux de la future intersection avec T6, ces nuits pourront démarrer plus tôt, compte tenu de l'absence de retour des rames au dépôt de Saint-Priest.

Interventions de jour

Pour les interventions en journée, la plage horaire normale d'essais s'étend de 10h00 à 15h00.

ANNEXE 2 : Extrait du Plan Général des Essais Système (PGES) relatif aux ressources requises de la part du délégataire exploitant

Moyens requis de la part du délégataire exploitant pour les essais dynamiques

Moyens matériels

Les moyens matériels mis à disposition par le délégataire exploitant pour les essais sont principalement des rames d'essais. Pour chaque phase d'essais, le parc de matériel roulant nécessaire et ses caractéristiques (32 mètres ou 43 mètres) est précisé.

Les moyens de relevage de la LAC du délégataire exploitant seront utilisés pour les essais de soulèvement de la LAC sur certaines intersections routières.

Le gardiennage de rames pour des remisages dus au besoin des essais hors zone de remisage ou de dépôt normalement prévu par le délégataire exploitant pourra être nécessaire.

D'autres moyens du délégataire exploitant, moins conséquents, seront également sollicités (par exemple, des portatifs de communication), mais leur dénombrement n'a pas été réalisé à ce stade des études.

Moyens humains : les opérateurs d'essais

Les moyens humains évoqués dans ce paragraphe sont les opérateurs d'essais (OPE) mis à disposition par le délégataire exploitant pour les essais.

Le nombre de conducteurs d'essais requis dépend de trois critères distincts :

- le nombre de rames d'essais ;
- le type de journées ou de nuits (courtes, aménagées ou longues) ;
- la localisation du site d'essais dont dépend le temps d'acheminement des rames, détaillé dans le tableau suivant :

	Temps d'acheminement des rames d'essais depuis le dépôt de St-Priest jusqu'au site d'essais (*)	
	Sans raccordement T2/T6 (via Perrache)	Avec raccordement T2/T6 (via Desgenettes)
Site d'essais sur T1/T6 à Debourg	01h05	Entre 00h45 et 01h00 (**)
Site d'essais sur T4 à Beauvisage	00h50	
Site d'essais sur T2 et T5 à Desgenettes	00h30	
Accès à la ligne T6 via Desgenettes	-	00h30

(*) Les temps d'acheminement incluent 12 min de préparation des rames au dépôt de Saint-Priest et, si nécessaire, 5 min de retournement à Jet d'Eau.

(**) Le temps d'acheminement des rames du dépôt de Saint-Priest jusqu'à Debourg est estimé à partir du temps de parcours actuel entre le dépôt et Desgenettes (30 min, incluant le temps de préparation des rames sortant du dépôt) et du temps de parcours entre Desgenettes et Debourg évalué lors des études d'avant-projet (15 min). Ce temps pourra varier en fonction des paramétrages de la SLT et de l'habitude des opérateurs d'essais à la conduite sur la nouvelle ligne.

Afin de déterminer le nombre d'opérateurs d'essais nécessaire à la conduite d'une rame d'essais pour chaque site d'essais et chaque type de journées ou de nuit, nous avons pris en considération les éléments suivants :

- Le temps de briefing au dépôt, estimé à 20 minutes et commun à tous, permettant d'informer les OPE de l'organisation des essais et de remettre les documents utiles afin d'optimiser leur réalisation ;
- Le temps d'acheminement des rames d'essais du dépôt jusqu'au site d'essais (détaillé dans le tableau précédent) ;
- Le temps d'intervention disponible sur la période d'essais devant être utilisé à son maximum, sur la base des délais indiqués en ANNEXE 1 ;
- Le temps de retour des rames d'essais jusqu'au dépôt (considéré comme identique au temps d'acheminement des rames d'essais).

La somme de ces durées nous a permis d'aboutir au temps total et au besoin en conducteurs pour chaque site d'essais et chaque type de journées ou de nuits. Puis, sachant que le temps de conduite d'un opérateur d'essais est limité à 6h20 consécutives (incluant une pause de 20 min qui pourra être prise durant l'essai), nous avons déterminé le nombre d'opérateurs nécessaire à la conduite d'une rame d'essais pour chaque site d'essais et chaque type de journées ou de nuits :

	Nuit courte	Nuit aménagée	Nuit longue	Journée
Site d'essais sur T1/T6 à Debourg, via Perrache	6h05 1 OPE	6h50 2 OPE	9h50 2 OPE	7h30 2 OPE
Site d'essais sur T1/T6 à Debourg, via Desgenettes (*)	5h55 1 OPE	6h40 2 OPE	9h40 2 OPE	7h20 2 OPE
Site d'essais sur T4 à Beauvisage	4h20 1 OPE	6h00 1 OPE	9h00 2 OPE	7h00 2 OPE
Site d'essais sur T2 et T5 à Desgenettes	3h40 1 OPE	5h20 1 OPE	8h20 2 OPE	6h20 1 OPE
Site d'essais en ligne sur T6, via Desgenettes	3h40 1 OPE	5h20 1 OPE	8h20 2 OPE	(**)

(*) Le temps d'acheminement des rames d'essais du dépôt au site d'essais pris en considération pour les calculs est le plus contraignant (estimé à 1h).

(**) Quelles que soient les règles de calcul du nombre d'opérateurs, 1 OPE est pris en compte pour les essais dynamiques d'ensemble réalisés de jour sur la ligne T6.

ANNEXE 3 : Programme des interventions pour les trois démarches étudiées

Rappel : Ce programme se compose d'essais (indiqués en italique) et de travaux (qui sont toutes les autres interventions), pour lesquels les marchés concernés sont spécifiés dans la première colonne prévue à cet effet. Pour chaque démarche, nous précisons ensuite la durée des interventions (nombre et type de journées ou de nuits, ainsi que le nombre d'équipes d'ouvriers s'il est doublé) et les éventuels impacts sur le réseau existant. Pour ces derniers sont notées les portions de lignes ne pouvant pas être maintenues en exploitation, mais les stations indiquées sont utilisables et c'est jusqu'à celles-ci que l'exploitation reste possible durant l'intervention. Une autre colonne précise les besoins en rames et en opérateurs d'essais sollicités auprès de l'exploitant.

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Avril 2018 : Interventions pour la coupure d'exploitation des lignes T2 et T5 avant les travaux de l'intersection T2-T5/T6 Desgenettes								
LAC CFO	<i>Essais permettant de relever l'état initial de la sous-station Vinatier et de la LAC sur T2-T5 à Desgenettes avant les travaux</i>	8 nuits courtes	1 nuit aménagée + 2 nuits longues		-	Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes Ligne T5		-
LAC	Pose des isolateurs de sections avec shunts sur T2-T5 de part et d'autre du croisement T2-T5/T6 Installation de la communication provisoire pour le californien sur T2-T5 à Essarts-Iris	8 nuits courtes	1 nuit aménagée	1 nuit courte + 1 nuit longue (2 équipes)	-	Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes Ligne T5		-
PFV	Travaux préparatoires sur T2-T5 de part et d'autre du croisement T2-T5/T6 pour la mise en place du feeder négatif	6 nuits courtes	2 nuits longues	1 nuit longue (2 équipes)	-	Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes Ligne T5		-
CFO	Tirage du feeder négatif	4 nuits courtes	2 nuits aménagées	2 nuits courtes (2 équipes)	-	Ligne T2 entre Grange Blanche et Porte des Alpes Ligne T5		-
PFV	Préparation pour la pose du californien sur T2-T5 à Essarts-Iris (terrassement, dalle béton...)							
-	Séchage de la dalle béton pour le californien	20 jours d'attente			-			-

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
CFO	Mise à l'arrêt de la sous-station Vinatier avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation	1 nuit longue			Toutes Lignes T2 et T5 Ligne T4 entre Félix Faure et Lycée Lumière Ligne T1 entre Liberté et Suchet			1 rame (1 OPE)
PFV	Pose du californien sur T2-T5 à Essarts-Iris							
SAE	<i>Prise en compte du SP T2 à Essarts-Iris pour l'exploitation pendant les travaux (californien)</i>							
LAC	<i>Essais fonctionnels de la LAC pour l'exploitation du SP T2 (californien) pendant les travaux</i> Réglages de la LAC par rapport à la communication provisoire sur T2-T5 à Essarts-Iris Déshuntage des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T2-T5							
CFO	Raccordement du feeder négatif au rail Pontage du feeder positif en sous-station							
PFV	Coupure des rails T2-T5 de part et d'autre du croisement T2-T5/T6							
Mi-Mai à début Juillet 2018 : Interventions pour la coupure d'exploitation de la ligne T4 avant les travaux de l'intersection T4/T6 Beauvisage								
LAC CFO	<i>Essais permettant de relever l'état initial de la sous-station 8 mai 45 et de la LAC sur T4 entre Jet d'Eau et Beauvisage avant les travaux</i>	9 nuits courtes	3 nuits longues		-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV		-
LAC CFO	Ripage de l'alimentation T4 entre Lycée Lumière et Jet d'Eau	3 nuits courtes + 6 nuits longues	7 nuits longues	3 nuits longues (2 équipes) + 3 nuits courtes	Ligne T4 entre Félix Faure et Marcel Houel HdV Ligne T2 entre Centre Berthelot et Grange Blanche		-	
CFO	<i>Essais de la Mise au Négatif Traction T4 à Jet d'Eau</i>	1 nuit courte			-		-	

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
LAC	Pose des isolateurs de sections avec shunts sur T4 au nord du croisement T4/T6	4 nuits courtes	2 nuits aménagées	2 nuits courtes (2 équipes)	-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV	-	
CFO	Mise à l'arrêt de la sous-station 8 mai 45 avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation	1 nuit aménagée			Ligne T4 entre Félix Faure et Hôpital Feyzin Vénissieux Ligne T2 entre Centre Berthelot et Grange Blanche			-
LAC	Déshuntage des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T4							
PFV	Coupure des rails T4 au nord du croisement T4/T6							
Mi-Août à début Septembre 2018 : Interventions pour la remise en service de la ligne T4 suite aux travaux de l'intersection T4/T6 Beauvisage								
PFV	Soudure des rails T4 à Beauvisage	4 nuits courtes	2 nuits aménagées	2 nuits courtes (2 équipes)	-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Lycée Lumière	-	
LAC	<i>Essais d'isolement et de continuité des LAC au croisement T4/T6</i>	1 jour			-			-
GTC CFO LAC	<i>Essais de non régression de la sous-station 8 mai 45 depuis la GTC du PCT de St-Priest, permettant de remettre en service la sous-station en fin de coupure dans son fonctionnel initial, avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation</i>	2 nuits aménagées + 2 nuits courtes	2 nuits longues		Ligne T4 entre Félix Faure et Lycée Lumière Ligne T2 entre Centre Berthelot et Grange Blanche			-
PFV	<i>Essais de passage de GLO à Beauvisage pour la remise en service de la ligne T4 (y compris croisements bons, essais dynamiques de la LAC...)</i>	1 nuit longue			-			2 rames à 43 m (4 OPE)
-	Remise en service de la ligne T4	-			-			-

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Fin Août à début Septembre 2018 : Interventions pour la remise en service des lignes T2 et T5 suite aux travaux de l'intersection T2-T5/T6 Desgenettes								
LAC	<i>Essais d'isolement et de continuité des LAC au croisement T2-T5/T6</i>	2 nuits courtes	1 nuit aménagée	1 nuit courte (2 équipes)	-	Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes Ligne T5	-	-
PFV	Coupeure des rails T2-T5 à Hôtel de Ville Bron	1 nuit aménagée			Ligne T2 entre Essarts-Iris et HdV Bron			-
LAC	Déshuntage des isolateurs de sections permanents sur T2-T5 à Hôtel de Ville Bron							
CFO	Déconnexion des feeders négatif et positif							
-	Basculement du SP T2 Est à Hôtel de Ville Bron	-			-			-
PFV LAC	Dépose du californien et de la communication provisoire à Essarts-Iris	2 jours			-			-
PFV	Soudure des rails T2-T5 à l'est du croisement T2-T5/T6							
LAC	Dépose des isolateurs de sections provisoires sur T2-T5 à l'est du croisement T2-T5/T6							
PFV	Remise en état de la plateforme engazonnée et de l'arrosage sur T2-T5 dans l'emprise du californien	3 jours			-			-
GTC CFO LAC	<i>Essais de non régression de la sous-station Vinatier depuis la GTC du PCT de St-Priest, permettant de remettre en service la sous-station en fin de coupeure dans son fonctionnel initial, avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation</i>	4 nuits aménagées	2 nuits longues + 1 nuit aménagée	2 nuits longues	Toutes Lignes T2 et T5 Ligne T4 entre Félix Faure et Lycée Lumière Ligne T1 entre Liberté et Suchet			-
PFV	Soudure des rails T2-T5 à l'ouest du croisement T2-T5/T6 et à Hôtel de Ville Bron							

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
PFV	<i>Essais de passage de GLO à Desgenettes pour la remise en service des lignes T2 et T5 (y compris croisements bons, appareils de voie, essais dynamiques de la LAC...)</i>	1 nuit longue						2 rames (2 OPE)
INFRA	<i>Vérification de la lacune rame / quai au niveau de chaque porte de la station T2-T5 Vinatier</i>							
-	Remise en service des lignes T2 et T5	-			-			-
Septembre 2018 : Interventions suite aux remises en service des lignes T2, T4 et T5								
LAC	Dépose des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T4	2 nuits courtes	1 nuit aménagée	1 nuit courte (2 équipes)	-	Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV	-	-
LAC	Dépose des isolateurs de sections provisoires sur T2-T5 à l'ouest du croisement T2-T5/T6	2 nuits courtes	1 nuit aménagée	1 nuit courte (2 équipes)	-	Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes Ligne T5	-	-
LAC	<i>Essai de soulèvement de la LAC au croisement T4/T6 pour le passage des convois exceptionnels (y compris reprise éventuelle de la LAC)</i>	1 nuit longue			Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV			Matériel de levage LAC Keolis
Septembre 2018 : Interventions pour la coupure d'exploitation du terminus T1 avant les travaux de la zone T1/T6 Debourg								
LAC CFO	<i>Essais permettant de relever l'état initial de la sous-station Debourg et de la LAC sur T1 à Debourg avant les travaux</i>	6 nuits courtes	3 nuits longues		-	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg	-	

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
LAC	Inversion des points d'ancrage Implantation du support d'ancrage Pose des isolateurs de sections provisoires avec shunts sur T1 à l'ouest de l'avenue Jean Jaurès	8 nuits courtes	4 nuits longues	4 nuits courtes (2 équipes)	-	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg	-	-
INFRA	Pose des quais provisoires sur T1 à l'ouest de l'avenue Jean Jaurès							
PFV	<i>Essais de passage de GLO sur T1 à Debourg</i>							
INFRA	<i>Vérification de la lacune rame / quai au niveau de chaque porte du terminus provisoire T1 Debourg</i>							
SAE	<i>Prise en compte du SP T1 à Debourg pour l'exploitation pendant les travaux (quais provisoires)</i>							
CFO	Mise à l'arrêt de la sous-station Debourg avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation	1 nuit longue			Ligne T1 entre Montrochet et Debourg			-
LAC	Déshuntage des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T1 Coupeure de la LAC existante sur T1 à Debourg et ancrage en provisoire sur le nouveau support							
PFV	Coupeure des rails T1 à l'ouest de l'av. Jean Jaurès							
PREPA BAL	Pose d'une GBA sur T1 à l'ouest de l'av. Jean Jaurès							
SLT	Préparation à Debourg : suppression des annonces aux SLT Jean Jaurès et Gouy							
SIGF	Condamnation des éléments de SIGF de Debourg							
Mai 2019 : Interventions pour la remise en service du terminus T1 suite aux travaux de la zone T1/T6 Debourg								
PFV	Soudure des rails T1 à l'ouest de l'av. Jean Jaurès	2 nuits courtes	1 nuit longue	1 nuit courte (2 équipes)	-	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg	-	-

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
LAC	<i>Essais d'isolement et de continuité des LAC de la zone T1/T6</i>	1 nuit courte			-			-
GTC	<i>Basculement de la version GTC provisoire pour la zone T1/T6 Debourg Essais de non régression des fonctionnalités actuelles de la GTC, depuis le PCT de Saint-Priest</i>	1 nuit courte			-			-
GTC CFO LAC	<i>Essais de non régression de la sous-station Debourg depuis la GTC du PCT de St-Priest, permettant de remettre en service la sous-station en fin de coupure dans son fonctionnel initial, avec test Arrêt d'Urgence et Téléconsignation</i>	4 nuits courtes	2 nuits longues		-	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg		-
PREPA BAL	Dépose de la GBA précédemment posée sur T1	1 nuit longue			Ligne T1 entre Montrochet et Debourg			-
PFV	<i>Essais de passage de GLO à Debourg pour la remise en service du terminus T1 (y compris croisements bons, appareils de voie, essais dynamiques de la LAC...)</i>							-
INFRA	<i>Vérification de la lacune rame / quai au niveau de chaque porte de la station T1 Debourg</i>							-
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires, conflits gestion priorité sur itinéraire, détection...) et de convois avec des rames à 32 mètres – Zone T6 Debourg uniquement</i>	2 nuits longues			-			3 rames à 32 m (6 OPE)
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires, conflits gestion priorité sur itinéraire, détection...) et de convois avec des rames à 32 mètres – Zone T1/T6 Debourg Essais d'interface SIGF / SLT</i>	2 nuits courtes	1 nuit longue		-	Ligne T1 entre Halles Tony Garnier et Debourg		3 rames à 32 m (3 OPE)
-	Remise en service du terminus T1 Debourg	-			-			-

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Début Juin 2019 : Travaux suite à la remise en service du terminus T1 Debourg								
INFRA	Dépose des quais provisoires T1 Debourg	2 nuits courtes	1 nuit longue	1 nuit courte (2 équipes)	-	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg	-	-
LAC	Dépose des isolateurs de sections provisoires précédemment posés sur T1							
LAC	Dépose du massif hors sol		1 nuit longue					
Pendant le réaménagement du PCT de Saint-Priest : Travaux au PC Tramways								
GTC ou CFO	Déplacement de la table de téléconsignation	1 jour			-	-	-	
CFO	Modification de la table de téléconsignation	2 nuits courtes			-	-	-	
CFO	Modification des équipements de logique traction	5 nuits courtes	1 jour		-	-	-	
CFO	Raccordement des équipements de logique traction	3 nuits courtes			-	-	-	
Décembre 2018 à Mai 2019 : Autres interventions préalables aux essais dynamiques d'ensemble								
LAC	<i>Essai de soulèvement de la LAC sur T6 au carrefour Pressensé / Beauvisage pour le passage des convois exceptionnels (y compris reprise éventuelle de la LAC)</i>	1 nuit longue			-	-	Matériel de levage LAC Keolis	
CFO	Tirage de câbles sur la ligne T6 entre Debourg et Hôpitaux Est, ainsi qu'entre Desgenettes et le PCT de Saint-Priest	Journées Nuits courtes			-	-	-	

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
CFO LAC	Raccordement de coffrets électriques (CDJ) en ligne sur T6 : <ul style="list-style-type: none"> - 1 CDJ sur la zone T1/T6 - 4 CDJ sur la zone T4/T6 - 3 CDJ sur la zone T2-T5/T6 	9 nuits aménagées		5 nuits aménagées (2 équipes)	Ligne T1 entre Montrochet et Debourg (1 nuit) Ligne T2 entre Jet d'Eau et HdV Bron + Ligne T5 (3 nuits) Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV (5 nuits)	Ligne T1 (1 nuit) Lignes T2 et T5 (1 nuit) Ligne T4 (2 nuits) Lignes T2, T4 et T5 (1 nuit)	-	
GTC	Basculement de la version GTC provisoire pour la nouvelle ligne T6 <i>Essais de non régression des fonctionnalités actuelles de la GTC, depuis le PCT de Saint-Priest</i>	1 nuit courte			-			-
CFO	Raccordement de l'intervalle de décharge Jet d'Eau au Négatif Traction en sous-station et modification du programme automate Jet d'Eau							
CFO LAC GTC	<i>Essais fonctionnels de téléconsignation, de sous sectionnement (et feux de présence tension) et d'arrêt d'urgence de la ligne T6, depuis le PCT de Saint-Priest</i>	5 nuits longues			Ligne T1 entre Montrochet et Debourg (1 nuit) Ligne T4 entre Jet d'Eau et Marcel Houel HdV (2 nuits) Ligne T2 entre Jet d'Eau et HdV Bron + Ligne T5 (2 nuits)	-		

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Juin à Septembre 2019 : Essais dynamiques d'ensemble								
Passage de la première rame sur la ligne T6 et essais de GLO								
PREPA BAL	Dépose de la GBA en voie déviée au sud du croisement T2-T5/T6	2 nuits longues						-
PFV	<i>Essais de passage de GLO sur T6 pour la mise en service de toute la nouvelle ligne (y compris croisements bons, appareils de voie, essais dynamiques de la LAC...)</i>							2 rames à 43 m (4 OPE)
INFRA	<i>Vérification de la lacune rame / quai au niveau de chaque porte des stations de la ligne T6</i>							
Essais de la zone de manœuvre T2-T5/T6 Desgenettes								
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires, conflits gestion priorité sur itinéraire, détection...) et de convois avec des rames à 32 mètres – Zone Desgenettes Essais d'interface SIGF / SLT</i>	2 nuits longues			Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes + Ligne T5 + Accès des rames au dépôt de St-Priest depuis Desgenettes			3 rames à 32 m (6 OPE)
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 43 mètres – Zone Desgenettes</i>	1 nuit longue			Ligne T2 entre Jet d'Eau et Porte des Alpes + Ligne T5 + Accès des rames au dépôt de St-Priest depuis Desgenettes			2 rames à 43 m (4 OPE)
GTC	Basculement de la version GTC provisoire pour la zone T2-T5/T6 Desgenettes <i>Essais de non régression des fonctionnalités actuelles de la GTC, depuis le PCT de Saint-Priest</i>							-
LAC	Dépose des isolateurs de sections provisoires sur T6 au sud du croisement T2-T5/T6	2 nuits courtes	1 nuit longue	1 nuit courte (2 équipes)	-	Lignes T2 et T5 entre Grange Blanche et Vinatier	-	-

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Essais des autres zones de manœuvre de la ligne T6								
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 43 mètres – Zone Debourg</i>	2 nuits courtes	1 nuit longue	-	Ligne T1 entre Halles Tony Garnier et Debourg	2 rames à 43 m (2 OPE)		
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 32 mètres – Zone Mermoz Essais d'interface SIGF / SLT</i>	2 jours			-	3 rames à 32 m (3 OPE)		
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 43 mètres – Zone Mermoz</i>	1 jour			-	2 rames à 43 m (2 OPE)		
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 32 mètres – Zone Hôpitaux Est Essais d'interface SIGF / SLT</i>	2 jours			-	3 rames à 32 m (3 OPE)		
SIGF	<i>Essais fonctionnels (itinéraires...) et de convois avec des rames à 43 mètres – Zone Hôpitaux Est</i>	1 jour			-	2 rames à 43 m (2 OPE)		
Premiers essais de la SLT et essais du SAE								
SLT	<i>Réglage des carrefours (délais d'approche)</i>	3 jours			-	3 rames à 32 m (3 OPE)		
SAE	<i>Essais fonctionnels et de performance du SAE Central, depuis le PCT de Saint- Priest</i>					-		
SAE	<i>Basculement du nouveau SAE pour la ligne T6 Essais de non régression des fonctionnalités actuelles du SAE, depuis le PCT de Saint-Priest</i>	1 nuit courte			-	-		
SAE	<i>Vérification des données géographiques de la ligne T6 (comparaison théorie / terrain) Essais fonctionnels des balises en ligne sur T6 : lisibilité des balises par le tramway, numéro de balise correspondant à la zone d'implantation (avec un SAE embarqué spécifique aux essais)</i>	2 jours			-	1 rame (1 OPE)		
SAE TAV	<i>Essais fonctionnels du SAE Embarqué sur T6</i>	2 jours			-	1 rame (1 OPE)		

Marchés	Description des interventions	Durée des interventions			Impacts sur l'exploitation			Besoins Keolis (rames et OPE)
		Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3	
Essais de charge								
SLT	<i>Réglage des carrefours (délais d'approche) Premières mesures des temps de parcours</i>	2 jours			-			3 rames à 32 m, 3 rames à 43 (6 OPE)
CFO LAC	<i>Marches en situation nominale et en situation dégradée (perte de sous-stations)</i>	3 jours			-			7 rames à 43 m (7 OPE)
Essais de la GTC et mesure des temps de parcours								
GTC	<i>Basculement de la version GTC définitive pour la nouvelle ligne T6 Essais de non régression des fonctionnalités actuelles de la GTC, depuis le PCT de Saint-Priest</i>	1 nuit courte			-			-
GTC	<i>Essais fonctionnels et de performance de la version GTC définitive, depuis le PCT de Saint- Priest</i>	2 jours			-			-
SLT	<i>Mesure des temps de parcours de la ligne T6</i>							7 rames (7 OPE) + Rames et OPE pour le renforcement des lignes T2, T4 et T5 (simulation d'une d'heure de pointe)

ANNEXE 4 : Méthode de réalisation de l'ILLUSTRATION 7

Pour les six enjeux que nous avons considérés comme majeurs ou limitants pour la prise de décision du SYTRAL, nous précisons ci-dessous la façon dont nous les avons pris en compte pour la réalisation du « digramme en toile d'araignée ». En particulier, les échelles de référence choisies pour noter les démarches sont identifiées pour chaque enjeu.

Impacts du réseau existant :

Échelle choisie : 1 = 500 ; 2 = 400h ; 3 = 300h ; 4 = 200h ; 5 = 100h

Unité : heures d'impacts

	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
Heures d'impacts	194:40	418:40	265:40
Note	4,05	1,81	3,34

Durée du planning :

Échelle choisie : 1 = 200 ; 2 = 175 ; 3 = 150 ; 4 = 125 ; 5 = 100

Unité : jours et nuits d'intervention

	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
Jours et nuits d'intervention	167	116	108
Note	2,32	4,36	4,68

Coût du projet :

Note identique à celle attribuée à la durée du planning, car dépendant uniquement de cet enjeu.

Coût d'exploitation :

Note identique à celle attribuée aux moyens de l'exploitant, car dépendant uniquement de cet enjeu.

Moyens de l'exploitant :

Échelle choisie : 1 = 300 ; 2 = 250 ; 3 = 200 ; 4 = 150 ; 5 = 100

Unité : heures de PRT (moyens d'essais non pris en compte, car identiques aux trois démarches)

	Démarche 1	Démarche 2	Démarche 3
Heures de PRT	110:30	240:10	160:00
Note	4,79	2,20	3,8

Moyens des entreprises :

Pas de données chiffrées pour établir une notation – démarches 1 et 2 non concernées par cet enjeu.