

Transports en commun

Matériel roulant

Transport ferroviaire transurbain et lourd

RAPPORT TECHNIQUE

TRILLIUM ÉTAPE 2

Coexamen indépendant –
Rapport final



Référence client : 19222-91896-P0

Référence SYSTRA Canada : 22024-PQRT-0001_A2

Ligne
Trillium
Line

Document préparé pour :
La Ville d'Ottawa

Document déposé le :
06-02-2023

Justin Kurosky
Gestionnaire de
programme
Transfert de la Ligne
Trillium
110, avenue Laurier Ouest
Ottawa (Ontario) K1P 1J1

Relevé des révisions

Révisions	A1	A2
Dates	2022-12-14	2023-02-06
Révisions préparées par :	SA-VB-BB	SA
Révisions examinées par :	SD	VB
Révisions approuvées par :	MS	HL

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Vérification préliminaire/interne | <input type="checkbox"/> Soumis pour information | <input checked="" type="checkbox"/> Émis pour révision et commentaires |
| <input type="checkbox"/> Soumis pour approbation | <input type="checkbox"/> Émis pour proposition | <input type="checkbox"/> Soumis pour achat |
| <input type="checkbox"/> Soumis pour construction/mise en œuvre | <input type="checkbox"/> Annulé | <input type="checkbox"/> Ouvrage bâti |

Document préparé par : *Sameh Aboukricha*

Sameh ABOUKRICA
Directeur, Intégration des systèmes

Document examiné par :

[Signature]
Vincent BERDUCOU
Directeur, Exploitation et maintenance des systèmes urbains

Document approuvé par :

[Signature]
Hubert LYOTIER
Directeur technique, Transport urbain, transports en commun



DÉSIGNATION du document

TRILLIUM ÉTAPE 2

**Coexamen indépendant –
Rapport final**

Référence client :
19222-91896-P0

Référence SYSTRA Canada :
22024-PQRT-0001



Table des matières

1.	ABRÉVIATIONS	6
2.	INTRODUCTION	7
2.1	MOT D’INTRODUCTION SUR LE PROJET	7
2.3	IMPARTIALITÉ ET INTENTION	8
2.4	MÉTHODOLOGIE	8
3.	DOCUMENTS DÉPOSÉS	9
4.	SYNTHÈSE ADMINISTRATIVE	9
5.	ENTREVUES AVEC TNEXT	11
6.	GESTION DU PROJET	11
7.	SYSTÈMES FERROVIAIRE	12
7.1	MATÉRIEL ROULANT	12
7.1.1	Essais du bruit intérieur et extérieur.....	12
7.1.2	Essais par temps froid.....	12
7.1.3	Stabilité et sûreté pour empêcher le déraillement	13
7.1.4	Écartement des voitures	13
7.1.5	Hauteur et système de nivelage des voitures	14
7.2	SSRT	14
7.3	SYSTÈMES DE COMMUNICATION ET SCADA	14
7.4	MATÉRIEL PERMANENT	15
7.4.1	Voie ballastée et branchements.....	16
7.4.2	Moins grand nombre de voies ballastées et de branchements	16
7.4.3	Traversée oblique à la station Limebank	17
7.5	CONCEPTION DE L’ÉQUIPEMENT MÉCANIQUE DU TUNNEL	18
8.	INGÉNIERIE ET ASSURANCE DES SYSTÈMES	21
8.1	INGÉNIERIE DES SYSTÈMES	21
8.2	CEM/EMI, E&B ET COURANTS VAGABOND. MAÎTRISE ET DISPOSITION POUR L’ÉLECTRIFICATION PROJÉTÉE 22	
8.2.1	Dégagement pour l’électrification projetée.....	22
8.2.2	CEM/EMI : impact sur la santé humaine	23
8.2.3	Contrôle des courants vagabonds.....	23
8.3	ASSURANCE DU SYSTÈME	23
8.3.1	Généralités.....	23
8.3.2	FDMS et qualité du service du réseau ferroviaire	25
8.3.3	Stratégie de réduction des risques.....	26
8.3.4	Réutilisation ou adaptation d’un système déjà certifié	27
8.3.5	Conformité aux normes de CENELEC	27
9.	VÉRIFICATION DE LA CONSTRUCTION, ESSAIS ET MISE EN SERVICE	30
9.1	CONTRÔLE DE LA CONSTRUCTION	30
9.2	DÉROULEMENT DES EMS	30

10. EXPLOITATION ET MAINTENANCE	32
10.1 EXPLOITATION	32
10.1.1 PHPD prévu et conception opérationnelle.....	32
10.1.2 Taille du parc de voitures Stadler	32
10.1.3 Capacité des infrastructures.....	33
10.1.4 Concept de régulation de la circulation pour limiter la propagation des retards.....	33
10.1.5 Concept de régulation de la circulation afin de limiter la propagation des retards	34
10.2 MAINTENANCE ET REMISE À NEUF	34
10.2.1 Généralités	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des abréviations.....	6
Tableau 2 : Liste des entrevues menées avec TNext et liste des participants.....	11
Tableau 3 : Écarts dans les charges d’incendie.....	20
Extrait des problèmes de fiabilité (information en date du 17 octobre 2019).....	37
Tableau 5 : Voitures LINT 41 d’Alstom – rapports de Bombardier	37

Liste des appendices

- Appendice A : Documentation sur les intrants
- Appendice B : Liste des recommandations
- Appendice C : Liste des questions et des réponses résiduelles

1. ABRÉVIATIONS

Tableau 1 : Liste des abréviations

Abréviations	
AC	Administration compétente
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
AP	Accord de projet
APD	Analyse préliminaire des dangers
CC	Courant continu
CCDP	Cahier des charges descriptif du projet
CCOTC	Centre de contrôle des opérations de transport en commun
CEM/IEM	Compatibilité électromagnétique/interférence électromagnétique
DNF	Dynamique des fluides computationnelle
EIS	Évaluateurs indépendants de la sûreté
EMS	Essais et mise en service
EQ	Expert de la question
FDM	Fiabilité, disponibilité et maintenabilité
FDMS	Fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sûreté
GCS	Gestionnaire de la certification de la sûreté
IFH	Intégration du facteur humain
IMR	Installation de maintenance et de remisage
IRAS	Ingénierie du réseau et assurance de la sûreté
LRS	Long rail soudé
MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement
NIS	Niveau d'intégrité de la sûreté
PASS	Plan d'assurance de la sûreté des systèmes
PCSS	Plan de certification de la sûreté des systèmes
PGC	Plan de gestion de la construction
PGP	Plan de gestion de projets
PPFDM	Plan du programme de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité
PRA	Pratique recommandée en aérospatiale
RDFDM	Rapport de démonstration de la fiabilité, de la disponibilité et de la maintenabilité
RNC	Rapport de non-conformité
RRFDM	Rapport de répartition de la fiabilité, de la disponibilité et de la maintenabilité
SAE	Society of Automotive Engineers

Abréviations	
SGR	Système de gestion du réseau
SIGM	Système informatisé de gestion de la maintenance
SLI	Soutien logistique intégré
SRF	Structure de répartition fonctionnelle
SRS	Structure de répartition du système
SSC	Système de suspension caténaire
SSRT	Système de signalisation et de régulation des trains
STC	Système de transmission des communications
TMP	Temps moyen entre les pannes
TNext	TransitNEXT
UMD	Unité multiple diésel
UREL	Unité remplaçable en ligne
URP	Unité remplaçable sur place
Voie AD	Voie à attache directe
VV	Vérification et validation

2. INTRODUCTION

2.1 MOT D'INTRODUCTION SUR LE PROJET

On en train d'étendre et de rehausser la Ligne 2 de l'O-Train (Ligne Trillium) dans le cadre du projet de l'Étape 2 pour permettre à la Ville d'Ottawa de compter sur un réseau de transports en commun sûr, efficient et fiable.

Le Projet de prolongement de la Ligne Trillium vise à prolonger dans le sens sud le réseau existant de la voie ferrée individuelle de 8 km actuellement en service. Le tronçon existant est aménagé dans l'emprise de la ligne de transport de marchandises désaffecté du CN et du CP entre Bayview et Greenboro et est constitué de cinq stations, ainsi que d'un tunnel d'environ 750 mètres sous le lac Dow; le service est assuré grâce à six voitures-unités multiples diésel (UMD) de 40 mètres d'Alstom, dont la maintenance se déroule dans l'installation de maintenance et de remisage (IMR) existante de la cour de remisage Walkley.

La nouvelle tranche de ce projet est constituée du prolongement de la voie ferrée sur 11 km au sud de Greenboro et d'une ligne secondaire de 4 km menant à l'Aéroport international MacDonald-Cartier, en faisant appel à une partie du tracé existant et à une partie de la zone verte; les lignes du prolongement seront ponctuées de six nouvelles stations. La ligne secondaire menant à l'aéroport sera dotée de deux stations spécialisées, qui assureront la liaison avec la ligne principale; elle comprend une série de structures nouvelles, dont les passages supérieurs routiers et ferroviaires, un saut-de-mouton et des passerelles pour les piétons. Le projet de prolongement permettra aussi d'ajouter deux nouvelles stations dans la tranche existante et quatre nouvelles stations dans le prolongement dans le sens sud.

En mars 2019, le Conseil municipal d'Ottawa a approuvé le contrat de conception-construction-financement et de maintenance à attribuer, pour le Projet du prolongement de la Ligne Trillium, à TransitNEXT (TNext), filiale en toute propriété de SNC-Lavalin.

SNC-Lavalin a participé à l'étude et à la réalisation du Projet de la Ligne 1 (Ligne de la Confédération) de l'Étape 1. En raison des problèmes opérationnels relevés actuellement sur la Ligne 1 (Ligne de la Confédération), on s'est demandé si la qualité de l'étude, de la réalisation et de l'installation de la voie ferrée constituait un facteur

explicatif et si les difficultés éprouvées sur la Ligne de la Confédération de l'Étape 1 allaient se répéter sur la Ligne Trillium étendue.

L'objectif global de ce coexamen consiste à évaluer la qualité de l'étude et de la réalisation du Projet de prolongement de la Ligne Trillium dans le cadre de l'Étape 2.

2.2 Portée

Ce rapport fait la synthèse du résultat de l'évaluation du groupe SYSTRA et du groupe RATP dans la foulée du coexamen de la documentation fournie par la Ville d'Ottawa et des entrevues menées avec l'équipe de TNext. Ce rapport dresse la liste des recommandations qui, selon les examinateurs, devraient s'appliquer afin de réduire les risques liés à la réalisation du projet.

2.3 IMPARTIALITÉ ET INTENTION

Les synthèses reproduites dans ce document comprennent des opinions professionnelles de l'équipe des experts de la question (EQ). L'analyse qui a été faite à partir de l'information et des documents fournis par la Ville d'Ottawa et par TNext est impartiale et s'inspire de l'expérience collective des professionnels qui ont participé à ce processus et à la réalisation de l'objectif de l'évaluation.

Dans ce rapport, nous n'avons pas l'intention de porter un jugement sans appel sur des produits, des systèmes ou des travaux de conception. L'évaluation se fonde sur les exigences de l'AP, de même que sur les règles de l'art et sur les normes professionnelles que les EQ ont relevées et appliquées en s'inspirant de leur expérience. D'autres professionnels pourraient avoir des opinions et des expériences divergentes dans l'exploitation des systèmes et des modèles de conception proposés.

Ce rapport n'exprime pas d'opinion sur la conformité de la conception avec les exigences de l'AP, ni sur les codes et les normes applicables.

2.4 MÉTHODOLOGIE

Cette section fait la synthèse de la méthodologie d'évaluation appliquée par l'équipe des EQ :

- on a confié aux membres de l'équipe des EQ des sections de l'AP et du CCDP à revoir d'après leur domaine de compétence;
- on a confié aux membres de l'équipe des EQ la documentation du projet à revoir d'après leur domaine de compétence;
- les membres de l'équipe des EQ ont noté les demandes de précisions, les questions et les commentaires dans un fichier consolidé;
- l'équipe de la direction a consulté toutes les demandes de précisions, toutes les questions et tous les commentaires afin d'en extraire les différents risques dépistés selon les secteurs;
- l'équipe des EQ et l'équipe de la direction ont participé à des réunions avec l'équipe de TNext pour réunir plus d'information et de précisions;
- les recommandations fondées sur l'examen des documents et sur les réunions avec TNext font partie de ce rapport;
- les recommandations sont numérotées en fonction de la nomenclature ci-après¹ :
 - PM.xx : gestion de projet;
 - RS.xx : matériel roulant;
 - TCS.xx : système de régulation des trains;

¹ Les recommandations qui ont été retranchées du rapport comparativement à sa version initiale ont été reproduites dans l'annexe pour les besoins de la traçabilité.

- COM.xx : systèmes de communication et SCADA;
- TRK.xx : voie ferrée;
- TVS.xx : système d'aération du tunnel;
- SEM.xx : Gestion de l'ingénierie des systèmes;
- SA.xx : assurance des systèmes;
- CON.xx : contrôle de la construction;
- TC.xx : essais et mise en service;
- OPS.xx : exploitation;
- MAI.xx : maintenance;
- TRA.xx : formation.

Dans la foulée de la publication du rapport préliminaire, plusieurs cycles de discussions ont eu lieu avec la Ville et avec TNext afin de préciser certains des aspects évoqués dans le présent document.

Le fichier des résultats de ce cycle de précisions est reproduit dans l'annexe de ce rapport.

Ce rapport fait état des documents et des renseignements les plus récents transmis par TNext et par la Ville.

3. DOCUMENTS DÉPOSÉS

Les documents déposés par la Ville relativement à ce coexamen sont reproduits dans l'appendice A.

4. SYNTHÈSE ADMINISTRATIVE

L'équipe constituée du groupe SYSTRA et du groupe RATP joue le rôle de coexamineur pour la Ligne Trillium. Ce rôle a consisté à évaluer les progrès accomplis dans le projet d'étude, de réalisation et de maintenance que TNext mène pour la Ville d'Ottawa.

L'équipe SYSTRA/RATP a entamé cette évaluation en mai 2022. Après avoir examiné différents documents sur la gestion de projet, l'étude, la réalisation, les essais, l'exploitation et la maintenance, cette équipe a publié un premier rapport-tour d'horizon ainsi que la liste des personnes à interviewer auprès de TNext et de la Ville d'Ottawa.

En juillet 2022, l'équipe SYSTRA/RATP a mené une série d'entrevues et d'ateliers, ainsi que des études fouillées de la documentation se rapportant au projet afin d'exprimer une opinion professionnelle tierce à propos des risques du projet et des recommandations liées. La version provisoire des recommandations a été soumise à la Ville et à TNext, afin de leur donner l'occasion d'apporter d'autres pièces justificatives et précisions dans la mesure du possible.

Dans le cadre de cette évaluation, TNext et la Ville d'Ottawa ont témoigné de leur volonté de participer à une discussion ouverte à propos des progrès accomplis et des problèmes du projet, en plus de souhaiter connaître l'opinion d'un tiers.

Le processus appliqué par TNext et par l'équipe en place cadre avec les normes internationales et est adapté à la réalisation d'un projet comme la Ligne Trillium. Les pratiques de gestion de projet sont adaptées, et les outils sont en place pour assurer le contrôle des progrès accomplis et pour se prémunir contre les risques potentiels.

Il y a toutefois des problèmes en suspens. Ces lacunes pourraient donner lieu à d'autres retards dans la réalisation du projet, à des problèmes de sûreté et à des difficultés dans la phase de l'exploitation et de la maintenance. Hormis les recommandations exprimées dans ce rapport, nous suggérons à la Ville de raffermir le

contrôle exercé sur le processus de mise en service et de cession de l'ouvrage, de même que dans les premiers mois de la mise en service commercial.

La liste complète des recommandations de l'équipe SYSTRA/RATP est reproduite dans l'appendice B. On peut résumer comme suit les principaux risques :

- Il faut résoudre rapidement le litige en cours portant sur la demande de règlement déposée par TNext auprès de la Ville d'Ottawa. En raison de cette demande de règlement, la communication qui se déroule entre les deux parties est moins transparente, ce qui pourrait donner lieu à la méfiance et, potentiellement, à une vision inexacte des progrès réels accomplis dans ce projet par la Ville.
- L'information fournie aux coexamineurs à propos des essais portant sur les nouvelles voitures STADLER dans l'environnement hivernal d'Ottawa est insuffisante pour donner l'assurance que le rendement de ces voitures est adapté aux conditions environnementales de l'exploitation desdites voitures.
- Pour donner suite à l'examen du processus d'intégration, les coexamineurs s'inquiétaient du manque de clarté dans la responsabilité de l'intégration complète de la nouvelle structure de tête, dont les essais d'intégration en usine, afin de maîtriser le risque de constater les problèmes majeurs sur le site.
- Les coexamineurs s'inquiétaient aussi de constater que TNext n'avait pas assuré l'intégration en usine de tous les systèmes des fournisseurs avant de lancer les essais sur le site. Il y a un risque majeur de constater des problèmes d'intégration tard dans la réalisation du projet alors qu'on aurait pu les corriger auparavant si ces essais d'intégration en usine avaient été menés.
- Dans la foulée de l'examen des processus de gestion de l'ingénierie et de l'intégration des systèmes de TNext, les coexamineurs ont jugé que la gestion de la configuration et la gestion de l'obsolescence étaient respectivement incohérentes et absentes. TNext devrait appliquer ces processus à tous ses sous-traitants, faute de quoi leur absence pourrait donner lieu à des problèmes relativement à la mise en service ou à l'exploitation et à la maintenance des systèmes.
- On a relevé plusieurs écarts entre les exigences de CENELEC d'une part et, d'autre part, les plans et les processus d'assurance de la qualité des systèmes de TNext. TNext devrait créer une matrice de traçabilité entre les normes de CENELEC et les plans de TNext pour démontrer la conformité et confirmer que toutes les recommandations de CENELEC sont bien appliquées ou que les effets sont bien maîtrisés grâce à différents processus et à différentes pièces justificatives.
- Dans la foulée de l'examen des opérations planifiées du système, les coexamineurs n'étaient pas convaincus que l'objectif du PHPD de 2048 pouvait être atteint avec le parc proposé et l'intervalle minimum.
- La simulation stochastique devrait se dérouler avec des scénarios d'incidents réalistes pour connaître la capacité réelle de la ligne et des systèmes afin de reprendre les activités après des perturbations et d'améliorer les procédures opérationnelles en place.
- La taille réelle du parc ferroviaire est insuffisante pour assurer la robustesse de l'exploitation. Les coexamineurs croient qu'il est nécessaire de faire appel à un train STADLER supplémentaire.
- On n'a pas encore mis en place de concept de maintenance à partir duquel on pourrait préparer un plan de mobilisation de la maintenance. Compte tenu de la pénurie de ressources au Canada, nous sommes d'avis que cette activité devrait déjà être en place et être suivie de près pour s'assurer que l'équipe de la maintenance et les activités de maintenance sont en place avant la mise en service commercial.
- Pendant l'examen, nous avons reçu des comptes rendus sur les documents dont nous avons déjà pris connaissance et qui indiquent que TNext a tenté de corriger certains des problèmes constatés dans la version précédente du rapport de coexamen; toutefois, plusieurs points ne sont toujours pas réglés, comme nous l'indiquons dans les autres sections ci-après. Il est donc recommandé de procéder à un nouvel examen

indépendant à une date plus proche de la date de la mise en service commerciale, lorsqu'on pourrait s'attendre à ce que TNext ait pris les mesures nécessaires pour corriger les problèmes en suspens découlant de cet examen.

5. ENTREVUES AVEC TNEXT

Le lecteur trouvera ci-après la liste des entrevues menées avec TNext et la liste des participants.

Tableau 2 : Liste des entrevues menées avec TNext et liste des participants

Dates	Secteurs d'activité	Participants représentant TNext	Participants représentant l'équipe SYSTRA/RATP
06-juil-22	IRAS	Cesar Palencia, Jane Wilson et Russel Cohen	Benoit Bes, Sameh Aboukricha, Jean-Louis Boulanger et Marc Cattel
06-juil-22	Intégration des systèmes	Cesar Palencia et Magdy Ibrahim	Sameh Aboukricha, Eric Marshall, Nicolas Quellec, Marc Cattel et Jean-Louis Boulanger
07-juil-22	Gestion de projet	Cesar Palencia	Benoit Bes et Marc Seffacene
08-juil-22	Planification	Ian Baker et Farzad Moosavi	Benoit Bes et Marc Seffacene
11-juil-22	Gestion de la maintenance	Cesar Palencia et Trefor Ellis	Laurent Jean, Vincent Berducou et Raphaël Argento
12-juil-22	TC/séquence d'essai	Cesar Palencia et Stephen Bassington	Sameh Aboukricha, Vincent Berducou, Ercan Afacan, Marc Cattel, Leonel Carneiro, Eric Marshall et Nicolas Quellec
14-juil-22	Formation	Cesar Palencia et Florica Nye	Laurent Jean et Sameh Aboukricha
19-juil-22	STC – Communication – TVS et RS – voie ferrée	Cesar Palencia, Magdy Ibrahim et Jaouani Jihed	Sameh Aboukricha, Ercan Afacan, Eric Marshall, Leonel Carneiro, Romain Bonnet et Federica Danise
20-juil-22	Gestion technique et gestion des études	Cesar Palencia et Frank Kaul	Sameh Aboukricha, Martin Blouin et Marc Seffacene
20-juil-22	AQ/CQ et construction	Cesar Palencia, Eileen O'Brien et Duncan Elliott	Sameh Aboukricha, Martin Blouin et Marc Seffacene
29-juil-22	Modélisation opérationnelle	Cesar Palencia et Richard Leslie	Vincent Berducou et Florian Schanzenbacher

6. GESTION DU PROJET

D'après l'examen de la documentation et les entrevues menées auprès de TNext, les pratiques de gestion du projet sont saines.

TNext a mis en place un processus d'évaluation des risques qui prévoit des examens mensuels. On fait appel au diagramme de chaînage temporel (Tilos) pour suivre les progrès géographiques et temporels dans les travaux de construction. Le calendrier est mis à jour à intervalles réguliers et les IRC, les IPC et les IPS sont en place.

Malheureusement, en raison du litige en cours avec la Ville, la plupart des renseignements ne sont pas échangés dans la transparence, ce qui donne lieu à des malentendus et à la méfiance entre la Ville et TNext.

Recommandation GP.01

Nous recommandons que la Ville et TNext « tracent une ligne dans le sable » et créent ouvertement un nouveau référentiel du projet, ainsi qu'un nouveau calendrier, un nouveau rapport mensuel avec des IRC explicites et communs et potentiellement certaines recommandations issues de ce rapport. Les deux parties doivent s'entendre sur ce nouveau référentiel, qui ne doit pas faire obstacle aux progrès à accomplir.

Si l'on tient essentiellement compte des leçons apprises dans le projet de la Ligne de la Confédération, c'est parce que l'équipe de TNext était celle qui s'est consacrée à la Ligne Trillium. Il n'existe pas de document dressant la liste des leçons positives et négatives à tirer du projet précédent. On risque de perdre ces connaissances si certains cadres de TNext cessent de travailler à ce projet.

Recommandation GP.02

Les leçons apprises dans le précédent projet et dans les projets ou produits comparables devraient être intégrées dans le développement de l'ingénierie du réseau de transport en commun de masse. Un document sur les leçons apprises se rapportant à ce projet, à ce système ou à ce produit devrait faire état des leçons apprises dans l'intérêt du projet en cours.

7. SYSTÈMES FERROVIAIRES

7.1 MATÉRIEL ROULANT

Nous avons examiné plusieurs documents sur le matériel roulant, en plus de tenir une discussion avec l'expert de TNext le 17 juin 2022. Cet expert a répondu à la plupart de nos commentaires et inquiétudes.

Il n'empêche que les points suivants sont toujours inquiétants.

7.1.1 Essais du bruit intérieur et extérieur

Nous avons demandé les rapports sur les essais du bruit intérieur et extérieur pour les voitures FLIRT d'Ottawa. Nous avons reçu les procédures et les rapports d'essais qui ont été établis par Stadler sur la plateforme FLIRT et sur les voies ferrées d'essais existantes de Stadler.

On nous a fait savoir que l'essai de bruit pour le projet d'Ottawa sera réalisé lorsque tout le réseau sera construit et mis en service.

Cet essai est critique, puisque le rendement du point de vue du bruit dépend de l'interface entre les roues et les rails. L'interface entre les roues et les rails du projet d'Ottawa peut être différente de l'interface entre les roues et les rails de la voie d'essai de Stadler. En outre, le même essai doit se dérouler pour le train d'ALSTOM dans le nouveau tronçon de la Ligne Trillium.

Recommandation SGR.01

Pour les deux types de véhicules, nous recommandons de procéder aux essais sur le bruit intérieur et extérieur des véhicules dès que la longueur de la voie ferrée permettra de rouler en toute sécurité à 85 km/h et de freiner par la suite afin de mesurer le bruit intérieur et le bruit extérieur du côté de la voie à 25 m du train comme l'exigent les alinéas a) et b) de l'article 1.8 de la partie 8 de l'annexe 15-2 de l'AP.

7.1.2 Essais par temps froid

On nous a confirmé que Stadler avait procédé, le 26 janvier 2022, à d'autres essais du type « par temps froid » sur le site pour sa voiture FLIRT afin de confirmer le rendement des systèmes de chauffage de cette voiture.

On ne nous a pas confirmé clairement que les portes avaient été ou qu'elles seront mises à l'épreuve dans les conditions hivernales pour s'assurer que les ouvre-portes sont adaptés aux conditions environnementales d'Ottawa. (Les documents que nous avons reçus n'étaient pas concluants sur la question, puisque l'essai s'est déroulé à une température externe de 16 °C.) Nous sommes d'accord avec TNext pour dire que le train LINT

d'ALSTOM n'a pas à subir de nouveaux essais en hiver, puisqu'il a fait ses preuves dans l'environnement d'Ottawa.

Recommandation SGR.02

Pour les voitures Stadler, simuler l'accumulation de verglas à concurrence de 3 mm sur les portes pour s'assurer que les ouvre-portes sont bien dimensionnés afin de respecter leur espérance de vie conformément aux alinéas d)-i) de l'article 1.18 de la partie 8 de l'annexe 15-2 de l'AP.

Recommandation SGR.03

Procéder à un démarrage à froid dans la mise à l'essai des voitures neuves (à la température minimum de la salle froide pour respecter les conditions environnementales de la Ville d'Ottawa) afin de simuler les véhicules garés la nuit pour s'assurer qu'ils peuvent démarrer dans difficulté.

7.1.3 Stabilité et sûreté pour empêcher le déraillement

Nous avons demandé tous les rapports portant sur les essais relatifs à la stabilité et à la sécurité pour empêcher le déraillement des voitures avant de les mettre en service commercial. Nous avons obtenu les résultats du test d'inclinaison des voitures et les rapports sur les essais de péréquation de la charge des roues.

Nous n'avons pas reçu les documents démontrant que les essais résistifs rotationnels des bogies ont été effectués sur ce type de voiture. L'essai résistif rotationnel du bogie est important pour s'assurer que le véhicule est stable à haute vitesse (effet de chasse) et qu'il peut prendre des courbes avec une résistance minimale pour éviter l'ascension des roues.

Recommandations SGR.04

La Ville devrait demander à TNext de confirmer que Stadler connaît cet essai et si on a procédé à l'essai résistif rotationnel des bogies ou à l'essai et à la simulation de la résistance au lacet des bogies (EN 14363, article 6.1.5.3.3).

7.1.4 Écartement des voitures

Nous avons demandé la procédure d'essai du gabarit des voitures pour nous assurer que le passage maximum des voitures en mouvement s'inscrit dans les gabarits admissibles avec les tunnels et le côté de la voie ferrée.

On nous a communiqué des renseignements supplémentaires indiquant qu'entre les stations, le réseau a été conçu pour respecter la Norme relative aux gabarits ferroviaires (TC E-05) de Transports Canada, qui décrit dans leurs grandes lignes les aménagements à prévoir pour les locomotives. Les gabarits des voitures FLIRT de Stadler et des voitures LINT d'Alstom s'inscrivent nettement en deçà de ces exigences réglementaires. En outre, les essais de gabarits se dérouleront spécifiquement pour s'assurer que les extenseurs des quais ne gênent pas les passages destinés aux voitures.

Recommandation SGR.05

Recommandation retranchée du rapport final, en raison de l'information très récente qui a été déposée

En outre, nous n'avons pas pu trouver les procédures d'essai de gabarits des véhicules d'Alstom pour le nouveau tronçon de la voie ferrée.

Nous avons obtenu l'information, comme nous l'indiquons ci-dessus.

Recommandation SGR.06

Recommandation retranchée du rapport final, en raison de l'information très récente qui a été déposée

7.1.5 Hauteur et système de nivelage des voitures

Nous avons demandé qu'on nous communique les détails sur les moyens grâce auxquels le système de nivelage détermine le diamètre des roues pour ajuster la hauteur du ressort pneumatique lorsque la voiture atteint le quai de la station, afin de respecter les exigences de hauteur du quai dans une tolérance de +/- 16 mm. Nous avons obtenu des documents expliquant le temps qu'il faut compter pour respecter la hauteur du quai à un certain niveau de volume de passagers, sans toutefois qu'on nous explique comment le système détermine le diamètre des roues.

En outre, la hauteur cible du quai est de 574 mm selon l'alinéa f) de la section 1.2 de la partie 8 de l'annexe 15-2 de l'AP; or, le document BU_3691228 fait état du point le plus creux du quai, à 565 mm.

Recommandation SGR.07

La Ville devrait s'assurer que la compensation des roues est bien définie et comprise pour garantir que la hauteur des voitures respecte toujours la hauteur attendue du quai dans toutes les conditions d'exploitation et de prise en charge des passagers.

7.2 SSRT

Nous nous sommes inspirés de l'examen des documents et des entrevues en présentiel avec les représentants de la Ville d'Ottawa et de TNext pour le co-examen du SSRT.

D'après l'examen de ces documents et les entrevues, nous avons constaté que la portée des travaux de TNext cadre avec les exigences de la Ville et respecte généralement ces exigences.

Pendant les entrevues, nous avons noté que le taux de freinage d'urgence garanti (TFUG) utilisé pour la conception n'a pas été mis à l'épreuve sur le site et nous n'avons pas pu prouver l'information pour savoir quand cet essai se déroulera et s'il se déroulera éventuellement.

Recommandation SRT.01

Nous recommandons d'ajouter l'essai du TFUG dans les procédures d'essai sur le site conformément à la condition du chapitre 6.1.2.1 de l'IEEE1474.1.

7.3 SYSTÈMES DE COMMUNICATION ET SCADA

Pour évaluer l'état du SCADA et des systèmes de communication, nous avons procédé à l'examen de documents et mené des entrevues en présentiel.

L'examen des documents et les entrevues nous ont permis de constater que la portée des travaux de TNext est généralement gérée conformément aux plans d'ingénierie définis pour les systèmes.

Nous avons cerné un motif d'inquiétude pendant nos réunions avec TNext et la Ville. Cette inquiétude porte sur l'intégration des systèmes dans la structure globale, de même que sur la validation de cette structure et de l'ensemble du système.

TNext n'a pas pu fournir suffisamment d'information sur l'interface externe avec la structure globale. Après avoir discuté de la question avec la Ville, on a confirmé les difficultés de coordination de la gestion de l'ensemble du système (en tenant compte à la fois de la portée des travaux de TNext et du champ d'intervention de la Ville). L'absence de « note d'autorisation » du système, qui vise à la fois la portée des travaux de TNext et le champ d'intervention de la Ville, est un exemple de cette situation.

D'après cette discussion, nous avons constaté que la portée combinée des SCOM et du SCADA (selon les travaux exécutés par la Ville et par TNext) ne respecte pas une stratégie globale de validation et d'intégration des systèmes.

C'est pourquoi nous déposons les recommandations suivantes afin de réduire le risque de problème d'intégration avec la structure globale.

Recommandation COM.01

Nommer un responsable pour le système de la structure globale afin de produire la documentation des systèmes (par exemple les notes d'autorisation).

Recommandation COM.02

Établir une plateforme d'essai pour l'intégration et la validation des systèmes pour éviter de constater les premiers problèmes d'intégration sur le site.

Recommandation COM.03

Produire un document décrivant les essais de validation des systèmes pour le système de la structure globale.

Recommandation COM.04

Produire un document décrivant les essais d'intégration et de validation des systèmes pour l'ensemble des systèmes.

7.4 MATÉRIEL PERMANENT

Dans la foulée de l'examen des documents sur la voie ferrée, nous avons soulevé plusieurs problèmes et posé plusieurs questions. Nous en avons discuté avec TNext pendant l'entrevue du 19 juillet 2022 et nous avons examiné le fichier Excel sur les questions et les réponses, ainsi que d'autres documents transmis par la Ville.

Les réponses de TNext ont permis de clore les dossiers portant sur les principaux sujets énumérés ci-après. Toutefois, plusieurs de nos questions sont toujours sans réponse au moment de rédiger ce rapport.

○ Sections transversales

- Nous avons constaté que le gabarit des wagons, les poteaux des caténaires, les chauffe-aiguillages et les machines de points n'étaient pas représentés dans toutes les sections transversales, ce qui pourrait finalement donner lieu à des problèmes pour assurer le dégagement. TNext a confirmé que :
 - les chauffe-aiguillages et les machines de points sont entrés en ligne de compte dans l'analyse du gabarit dans toutes les situations pertinentes, sans problèmes résiduels;

- dans le cas de l'électrification éventuelle de la ligne, il ne serait pas possible, pour les wagons, de circuler dans plusieurs sections.
- TNext et la Ville ont cerné, dans toutes les sections en cause, en plus d'en discuter avec les services d'urgence, les dangers pour les passagers en cas d'évaluation, de même que pour les équipes de la maintenance, en raison de la représentation du passage du couloir d'urgence dans le ballast entre les deux voies ferrées dans les sections étroites. Ces configurations (qui ne constituent pas une règle de l'art selon leur expérience) ont été acceptées par toutes les parties.
- Différents types de véhicules : TNext a confirmé que la différence de longueur entre les trains FLIRT3 de Stadler (80,7 m) et les deux voitures LINT 41 couplées ensemble (83,6 m) a été parfaitement intégrée dans la conception de l'ensemble du système, sans problèmes résiduels.

Pour la traçabilité des communications entre les acteurs, nous vous invitons à consulter la liste complète des questions et des réponses enregistrées par les co-examineurs dans l'appendice C.

7.4.1 Voie ballastée et branchements

Nous avons des questions à propos de la conception des LRS et de la déclaration de la méthode de travail de déstressage afin d'éviter les problèmes de stabilité de la voie ferrée (risque de bouclage de la voie à hautes températures) et la possibilité qu'un rail se brise (par temps froid).

Nous nous sommes penchés sur les éléments suivants :

- l'information technique reproduite dans le *mémoire de conception de la voie ferrée 660373-0000-003-4REB-0001_02* et dans les *graphiques du tracé de l'installation de la voie ferrée* (en particulier l'espacement des attaches, la largeur de l'accotement des ballasts et l'étude du déstressage);
- la rétroaction positive sur les 17 années de l'exploitation de la Ligne Trillium, confirmée par TNext, ainsi que par la Ville;
- le principe de la rigueur dans le renouvellement de la conception de la Ligne Trillium existante pour le prolongement de cette ligne.

Nous considérons que le sujet est clos.

La température de stress thermique de zéro envisagée pour les voies ballastées (32 °C +/- 4 °C) est élevée par rapport à la température de l'air la plus froide (-40 °C). Cette température a été définie pour réduire la possibilité de bouclage des rails à hautes températures, ce qui pourrait toutefois donner lieu à de fortes contraintes de tension dans les rails à des températures glaciales et à un plus grand risque de rupture de rail ou de déplacement transversal de la voie dans les courbes prononcées. Comme nous l'avons appris dans les réunions avec TNext et la Ville, il ne s'est pas produit, auparavant dans l'exploitation de la Ligne Trillium, de rupture des rails et on n'a pas eu besoin non plus d'assurer fréquemment la maintenance de la pente du côté du ballast du côté intérieur des courbes.

Recommandation VOI.01

Produire un document décrivant les essais d'intégration et de validation des systèmes pour l'ensemble du système.

7.4.2 Moins grand nombre de voies ballastées et de branchements

Nous avons des questions à propos de l'assurance que les tolérances civiles n'auront pas d'incidence sur les tolérances de la voie et ne dégraderont pas la possibilité, pour les équipes de la maintenance, d'apporter des mises au point à la géométrie de la voie ferrée dans les cas nécessaires (en faisant appel à des cales).

Pendant l'entrevue, TNext a introduit la notion de l'« alignement le mieux ajusté » et a précisé cette notion dans le fichier des questions et des réponses : « Le meilleur ajustement de la voie est généralement assuré pour tenir compte d'une légère marge de tassement des structures pendant la construction ou d'une partie supérieure des soubassements de l'ouvrage bâti uniformément inférieur ou supérieur en raison d'une plus grande tolérance dans la construction pour la finition en béton que pour les voies ferrées. Par exemple, quand la partie supérieure de l'ouvrage bâti des soubassements est trop basse de 15 mm dans l'ensemble du pont, le meilleur ajustement de l'alignement en abaissant la voie ferrée permettrait d'éviter de la caler de 15 mm sur le pont pour chaque attache individuelle DF. Par contre, le meilleur ajustement de l'alignement en haussant la voie ferrée permettrait d'éviter le meulage excessif dans les cas où les soubassements sont détonnés à une hauteur supérieure à la hauteur théorique. Veuillez noter qu'il ne s'agit pas de corriger des zones localisées. »

Après une autre entrevue avec la Ville le 28 septembre 2022, nous avons appris que :

- l'équipe de la conception des ouvrages civils surveille la construction des travées du viaduc, ainsi que le positionnement des connecteurs de cisaillement afin de relier le viaduc aux soubassements de la voie ou à ses traverses, pour ensuite procéder à un relevé;
- l'équipe de la voie ferrée surveille la construction des voies déballastées selon un processus de construction ascendant, en procédant à un relevé après chacune des étapes du processus de construction :
 - béton coulé in situ, construction des soubassements ou des traverses de la voie ferrée, puis exécution du relevé;
 - forage des soubassements et des traverses de la voie ferrée et intégration des écrous d'ancrage;
 - installation d'un nombre suffisant de cales pour chaque système de fixation et chaque rail, avant d'enchaîner avec le relevé.

Même si le processus ascendant de construction pour les rails à attache directe (AD) paraît complexe par rapport à une méthode de construction descendante, nous croyons savoir que ce processus de construction a été choisi par rapport au type d'attache de la voie ferrée. Le processus de construction des rails à attache directe proposé par TNext semble être justifié par un relevé exécuté après chacune des étapes du processus de construction, ce qui devrait permettre d'éviter toute dérogation dans les tolérances de la voie ferrée spécifiées dans le contrat.

En outre, l'« alignement le mieux ajusté » ne devrait pas donner lieu à la modification des paramètres spécifiés dans les critères de conception de l'alignement.

Enfin, nous recommandons de faire confirmer que les essais mécaniques exécutés pour la qualification des attaches se sont déroulés dans des positions extrêmes (avec un calage maximum) et qu'ils ne donneront pas lieu à des restrictions, quelles qu'elles soient.

Recommandation VOI.02

Vérifier, pendant la construction des rails à attache directe (AD) que les différents relevés mentionnés dans la déclaration de la méthode de travail sont exécutés comme prévu.

Confirmer que les essais mécaniques exécutés sur les attaches des rails à attache directe se sont déroulés dans des positions extrêmes (avec un calage maximum) et qu'ils ne donneront pas lieu à des restrictions, quelles qu'elles soient.

7.4.3 Traversée oblique à la station Limebank

Comme l'indiquent les graphiques du tracé de l'installation de la voie ferrée pour les segments 1 et 5 (référence : 660373-4TBL-003-4RDD - ICC- 0066, la moitié de la traversée oblique avant la station Limebank S17+211 sera aménagée dans la voie de guidage surélevée, et l'autre moitié sera aménagée dans la culée.

Généralement, on consacre des efforts pour éviter cette configuration, qui pourrait induire des déplacements structurels, ce qui pourrait avoir des conséquences sur la géométrie de la traversée oblique.

Nous croyons savoir que ce choix a été fait à cause des contraintes de l'alignement et pour optimiser l'exploitation (en rapprochant le plus possible la traversée du quai de la station).

Nous recommandons de faire confirmer que cette traversée oblique a été considérée dans l'analyse de l'interaction rail-structure et que la poutrelle est fixée dans la zone de la culée pour restreindre les mouvements.

Recommandation VOI.03

Confirmer que la traversée oblique de la station Limebank a été considérée dans l'analyse de l'interaction rail-structure et que la poutrelle est fixée dans la zone de la culée pour restreindre les mouvements.

En outre, relativement au chapitre 9 de l'AREMA (Conception sismique pour les structures ferroviaires) et d'après l'information transmise par TNext et qui confirme qu'elle n'est pas conforme à l'AREMA, nous suggérons que pour le plan d'inspection post-sismique dans un événement du niveau 2 ou 3 selon la classification de l'AREMA, en plus des recommandations de l'AREMA, l'on procède à une inspection rigoureuse des rails et des ancrages des rails à la jonction des travées structurelles.

7.5 CONCEPTION DE L'ÉQUIPEMENT MÉCANIQUE DU TUNNEL

Pendant l'examen des documents et durant les entrevues avec TNext, nous avons relevé plusieurs problèmes et incohérences dans la documentation fournie en ce qui concerne le système d'aération du tunnel (SAT) et sa conception mécanique.

Par exemple :

- Document 660373-3DLP-003-45VEG-0001_03 – Cahier des charges technique pour la soufflerie d'aération du tunnel :
 - **Tableau 1** : Le nombre de souffleries nécessaires n'est pas conforme aux exigences exprimées dans le document n° 660373-3DLP-003-45VER-0001_00 et dans le dessin n° 660373-3DLP-003-45VDD-1001_PD. Il faudrait éclaircir cet écart.
 - **Appendice C** : La poussée nominale de la soufflerie n'est pas conforme aux exigences exprimées dans le document n° 660373-3DLP-003-45VER-0001_00 et dans le dessin n° 660373-3DLP-003-45VDD-1001_PD. Il faudrait éclaircir cet écart.
 - **Appendice C** : La température de consigne de la soufflerie n'est pas conforme aux exigences exprimées dans le document n° 660373-3DLP-003-45VER-0001_00 et dans le dessin n° 660373-3DLP-003-45VDD-1001_PD. Il faudrait éclaircir cet écart.
 - **Appendice C** : Il faudrait définir la puissance du moteur de la soufflerie pour éviter des difficultés dans la conception électrique; il faudrait suivre les exigences exprimées dans le dessin n° 660373-3DLP-003-45VDD-1001_PD
- Document 660373-0000-003-45VEA-0001_01 – Base du tunnel du lac Dow – conception mécanique :
 - **Article 3.2.3.2** : Conformément à la section 6.4.4 de la norme NFPA 14 – 2019, dans les secteurs dans lesquels il pourrait y avoir du gel, une vanne anti-gouttes automatique listée, qui a été prévue pour permettre le drainage sans causer de dégât d'eau, doit être installée dans la tuyauterie entre le clapet anti-retour et le raccord du Service des incendies.
 - **Article 3.2.3.2** : Conformément à la section 6.3.2 de la norme NFPA 14 – 2019, des vannes doivent être prévues sur toutes les colonnes montantes, y compris les colonnes montantes sèches manuelles et les colonnes montantes horizontales, afin de permettre de les isoler sans interrompre l'alimentation des autres colonnes montantes à partir de la même source d'alimentation.

- **Article 3.2.3.2** : Conformément à la section 7.10.1.1 de la norme NFPA 14 – 2019, dans les cas où une colonne montante horizontale dans un système de la classe I ou de la classe III alimente au moins trois raccords de tuyauterie sur un étage, le débit minimum pour la colonne montante horizontale la plus exigeante hydrauliquement doit être de 750 gallons par minute (2 840 litres/min), et la procédure de calcul doit être conforme à la section 7.10.1.2.2, ce qui ne concorde pas avec le débit de consigne de 500 gallons par minute de TNext.
- La distance de l'intervalle entre les vannes du raccord d'incendie (colonne montante de la classe I) n'est pas clairement indiquée.
- **Article 3.2.4.1.2** : La température de consigne en intérieur ne correspond pas à celle de l'autre document (tableau 9 du document 660373-0000-003- 40SER-1005 : Dossier de sûreté du système de conception des systèmes électriques et mécaniques des stations).
- **Article 3.2.4.1.2** : Il n'est pas question de la filtration de l'air, comme l'exige l'AP de la Ligne Trillium (annexe 15-2, partie 4 : Station, tableau 4-5-1 : Conditions de la conception de l'intérieur pour la CVC).
- **Article 3.2.4.2.2** : L'information et les documents fournis ne donnent pas suffisamment l'assurance aux co-examineurs que les unités VRF en plein air peuvent fonctionner dans des conditions de consigne en plein air en hiver et en été. Il faut dire que même en hiver, on pourrait avoir besoin d'assurer le refroidissement à cause de la chaleur dissipée par l'équipement.
- **Article 3.2.4.2.2** : L'information et les documents fournis ne donnent pas suffisamment l'assurance aux co-examineurs que la méthodologie du refroidissement libre avec refroidissement et chauffage mécaniques a été considérée dans la conception, comme l'exige l'AP de la Ligne Trillium (annexe 15-2, partie 4 : Station, article 5.5.N).
- Document 660373-3DLP-003-45VER-0001_00 : Système d'aération d'urgence et évaluation de la sortie :
 - **Généralités** : Nous avons relevé certains écarts en fonction de la taille de conception de la protection contre les incendies (HRR) dans les différentes sections du rapport. Par exemple, l'article 5.1.2.1 précise 49,2 MW, l'article 5.1.2.3, 33,6 ou 48 MW, et ainsi de suite. TNext devrait préciser cet aspect par rapport au document final de la conception.
 - **N° 4.3 – tableau 4** : Nous constatons que le mode de contrôle de la pollution ne comprend pas d'« orientation de l'échappement ». Normalement, il est plus efficace de pulser l'air dans le même sens que la marche du train; il faudrait donc aussi inclure ce mode. TNext devrait préciser cet aspect.
 - **N° 5.1.3 – tableau 8** : Par souci de clarté, il faudrait préciser que les valeurs du tableau représentent la vitesse critique dans la section transversale du tunnel, et non dans la section transversale de l'espace annulaire.
 - **N° 6** : Il faut noter qu'il n'est pas question des besoins en refroidissement des locomotives ni des calculs pour définir le débit d'air global minimum afin de s'assurer que la température au point d'entrée du radiateur des locomotives est inférieure à la limite permise maximum.
 - **N° 6.2.1** : Puisque la SES 4.1 ne permet pas intrinsèquement d'évaluer les émissions polluantes, on suggère d'entériner le modèle fourni en faisant appel à des calculs analytiques pour démontrer que l'effet de piston et la ventilation longitudinale peuvent produire un débit d'air suffisant pour diluer les polluants et pour purger le tunnel avant l'arrivée du prochain train dans le tunnel.
 - **N° 6.3 – tableau 29** : Il faut noter que le train Stadler a été considéré pour des simulations dans les situations non urgentes. Nous croyons savoir que le plus petit train qui peut circuler dans le tunnel est la

voiture LINT d’Alstom qui est plus petite que le train Stadler. Normalement, il faudrait utiliser le train le plus petit pour que les calculs soient prudents du point de vue de l’effet de piston.

- **Appendice A** : Il faudrait vérifier la pente du schéma des incendies parce qu’elle ne semble pas être conforme à l’élévation du tunnel présentée dans la figure 5.
- Document 660373-3DLP-003-45VEE-0001_PA : Système d’aération d’urgence – dynamique des fluides computationnelle – Étude :
- Nous avons constaté que la taille de consigne pour la lutte contre les incendies ne semble pas concorder avec les autres documents sur la SAT. Il faudrait éclaircir les écarts. Il faudrait aussi vérifier cet aspect et la valeur HRR devrait concorder entre tous les documents sur la SAT et toutes les simulations.
 - Le document précise que la simulation menée pour évaluer la propagation de la fumée préventilation est fondée sur le scénario le plus onéreux. Cette affirmation paraît inexacte si l’on tient compte de la valeur HRR prévue pour la lutte contre les incendies dans les rapports sur la libération de la chaleur. D’après les valeurs résumées dans le tableau ci-après, on peut noter que les paramètres d’incendie de consigne considérés pour l’évaluation préventilation ne sont pas les paramètres critiques en fonction de la taille du système de lutte contre les incendies ou du taux ou du délai de croissance pour atteindre la valeur HRR maximum (qui est nettement moindre). Il faudrait éclaircir cet aspect.

Tableau 3 : Écarts dans les charges d’incendie

Scénarios	Taille de l’incendie	Croissance de l’incendie	Documents de référence
Évaluation préventilation	33,6 MW	423 s	660373-3DLP-003-45VEE-0001_PA
Scénario Stadler 1a – Carburant catastrophique	32,6 MW	< 50 s	660373-3DLP-003-40FER-0003_00
Scénario Stadler 2 – Compartiment des passagers	35,4 MW	96 s	660373-3DLP-003-40FER-0003_00
Scénario Alstom 1a – Carburant catastrophique	40,3 MW	< 50 s	660373-3DLP-003-40FER-0004_00
Scénario Alstom 2 – Compartiment des passagers	49,2 MW	264 s	660373-3DLP-003-40FER-0004_00

- Document 660373-3DLP-003-45VDD_PD : Dessins – Dessin n° 1005 du tunnel du lac Dow :
- Nous n’avons pas trouvé les déflecteurs dans les dessins et nous croyons qu’ils pourraient être absents des dessins d’installation, même s’ils paraissent dans la conception.

Recommandation SAT.01

Il faudrait procéder à un examen détaillé de toute la documentation sur l’aération du tunnel afin de corriger toutes les incohérences et tous les écarts et de s’assurer que le bon plan de conception sera mis en œuvre conformément aux exigences de l’AP.

Nous avons aussi remarqué qu’il n’est pas question de régler la température si un train tourne au ralenti dans le tunnel, dans les cas où la température du tunnel augmente à cause de la dissipation de la chaleur du moteur de la locomotive. En règle générale, dans la plupart des modèles de conception des SAP, on prévoit un « mode confort » pour veiller à ce que la température du tunnel reste fixée à un niveau précis, conformément aux températures de déclenchement du système de CVC du train.

Nous avons discuté de cette question dans les deux réunions tenues avec la Ville et TNext. Toutefois, cette exigence n’existe pas. Il se pourrait qu’il ne s’agisse pas d’un problème si la température du tunnel n’atteint

jamais la température de déclenchement du système de CVC du train, ce qu'il faut toutefois démontrer. TNext a fait savoir qu'il est généralement tout à fait inhabituel de prélever la température dans le tunnel. À la fin de novembre et au début de décembre 2022, TNext nous a apporté plusieurs éclaircissements, par l'entremise de la Ville, sur cette question. Or, nous n'avons pas pu trouver d'information pour répondre à l'inquiétude exprimée à l'origine.

Recommandation SAT.02

Nous recommandons de procéder à une analyse pour s'assurer que la température du tunnel n'atteint jamais la température de déclenchement du système de CVC des trains.

8. INGÉNIERIE ET ASSURANCE DES SYSTÈMES

8.1 INGÉNIERIE DES SYSTÈMES

Le Plan de gestion de l'ingénierie des systèmes (PGIS) définit l'ensemble des processus et des outils d'ingénierie des systèmes prévus dans la norme IEEE 15288:2015. Ce plan porte sur les activités suivantes :

- gestion des exigences – question traitée dans le Plan de gestion des exigences (PGE);
- gestion de la configuration – question traitée dans le Plan de gestion de la configuration (PGC);
- intégration des systèmes – question traitée dans le Plan de gestion de l'intégration des systèmes (PGIS);
- validation et vérification – question traitée dans le Plan de vérification et de validation.

Ces activités font également l'objet du PGIS; elles sont toutefois décrites dans les sections 7.1 et 7.2 :

- compatibilité électromagnétique;
- facteurs humains;
- assurance de la sûreté des systèmes;
- sécurité des systèmes;
- fiabilité, disponibilité et maintenabilité (FDM).

Le PGE respecte les pratiques admises selon les modalités exposées dans les normes IEEE 15288 et IEEE 12207 et IEEE 24198.

Le PGC respecte les pratiques admises selon les modalités exposées dans les normes IEEE 15288, IEEE 12207 et IEEE 828.

Le PGIS et le Plan de vérification et de validation (PVV) respectent eux aussi les règles de l'art admises. Or, ces plans ne comprennent pas de critères mesurables pour indiquer quand un système ou un élément du système est prêt à enchaîner avec l'étape suivante de son cycle de vie.

Nous avons constaté que TNext n'a pas de plan de gestion de l'obsolescence, Puisque le perfectionnement des technologies se déroule à vive allure, il est de plus en plus difficile d'actualiser l'information et l'équipement de communication; c'est pourquoi on met généralement en place un plan de gestion de l'obsolescence pour les projets de réseaux ferroviaires afin de maîtriser ce risque. Nous donnons de plus amples renseignements sur cette inquiétude dans le chapitre 10.2.7.

Nous avons passé en revue plusieurs documents des sous-traitants de TNext; nous avons constaté que ces documents ne sont pas entérinés par TNext et qu'ils ne permettraient pas de conclure que TNext prend parfaitement connaissance de toutes les contraintes des sous-traitants, les intègre et les approuve.

Par exemple, dans le document de Stadler qui nous a été transmis, relativement à l'interface roues/rails BU_4141634, nous avons constaté que rien n'indique que ce document a été revu ni entériné par TNext, qui est responsable de l'intégration de l'ensemble du système. TNext nous a confirmé qu'elle revoie tous les documents avant de les transmettre à la Ville. Toutefois, nous n'avons pas pu confirmer cette affirmation de TNext, comme on peut le constater dans plusieurs de ses documents.

En outre, nous n'avons pas vu les plans des essais portant sur les trains LINT d'ALSTOM pour le nouveau tronçon de la voie ferrée. Les essais d'intégration des trains LINT d'ALSTOM doivent se dérouler dans tous les nouveaux tronçons de la voie ferrée ou dans tous les tronçons modifiés.

Recommandation GIS.01

Il faudrait que TNext revoie et signe tous les documents que lui font parvenir ses sous-traitants. Il faudrait aussi revoir et approuver, pour l'exploitabilité (jauge, longueur et hauteur du quai et rendement des freins, entre autres) des voitures actuelles dans les tronçons du prolongement de la ligne, les documents portant sur les voitures LINT d'Alstom.

S'agissant de la gestion de la configuration, nous nous inquiétons de constater que les éléments de cette configuration sont définis dans l'ensemble, ce qui ne permet pas de gérer la configuration des logiciels, du matériel et des micrologiciels. Selon TNext, c'est à chaque fournisseur et sous-traitant qu'il revient de gérer cette tâche.

Recommandation GIS.02

Nous recommandons de mettre en place un plan global de gestion de la configuration comme ligne de conduite à suivre par tous les acteurs du projet (notamment dans le champ d'intervention de la Ville) et par tous les participants afin d'avoir une vue d'ensemble cohérente de tous les éléments de la configuration, dont les logiciels, le matériel et les micrologiciels.

La Structure de répartition du système (SRS) et la Structure de répartition fonctionnelle (SRF) n'ont pas été communiquées aux coexamineurs et paraissent absentes. Selon la pratique courante, la SRS et la SRF sont mises au point dans la hiérarchie des niveaux successifs jusqu'aux éléments remplaçables sur place (ERP), conformément au Plan du programme de FDM du système de transport en commun de masse. Il faut lancer ces deux structures dans la phase de la définition et les actualiser au besoin dans les phases suivantes, puisqu'il s'agit du point de départ de toutes les activités d'ingénierie.

Recommandation GIS.03

Il faudrait établir la définition de ce qui constitue un système, un sous-système et des biens d'équipement du point de vue du système de transport en commun de masse (projet) et s'assurer que cette définition cadre avec la Structure de répartition du système et avec la Structure de répartition fonctionnelle, afin de donner une vue d'ensemble à tous les intervenants et copartenaires du projet.

8.2 CEM/EMI, E&B ET COURANTS VAGABONDS. MAÎTRISE ET DISPOSITION POUR L'ÉLECTRIFICATION PROJETÉE

Les normes sur la CEM/EMI, la mise à la terre, la liaison électrique et la mise à la masse, de même que sur la protection contre la corrosion portent sur les différents aspects à considérer pour mettre en œuvre les documents de la conception de base (cahiers des charges et dessins).

8.2.1 Dégagement pour l'électrification projetée

Dans le chapitre 1.4i) du document sur le contrôle de la CEM (référence : 660373-0000-003-40SAG-0012), le dégagement défini veut dire que le projet en cours doit déjà intégrer les contraintes X/Y/Z du SSC pour éviter que

les travaux d'électrification gênent les opérations qui se déroulent sur une seule voie. Il n'empêche que cette notion ne définit pas les mesures à prendre ni les recommandations à adopter pour s'assurer que ce dégagement est garanti.

Recommandation GIS.04

Nous recommandons de préciser la liste des mesures à prendre éventuellement pour garantir le dégagement de l'électrification projetée de la ligne de concert avec la procédure d'essai pour s'assurer que ces mesures ont été appliquées.

8.2.2 CEM/EMI : impact sur la santé humaine

Dans le chapitre 1.9.3 du document sur le contrôle de la CEM (référence 660373-0000-003-40SAG-0012), il semble qu'il ne soit pas question de la norme EN 50500 se rapportant à l'impact sur la santé humaine de la CEM/EMI dans les environnements ferroviaires. Il s'agit du document à consulter essentiellement pour définir le moyen de contrôler et de mesurer l'impact de la CEM-EMI par rapport aux valeurs de références définies dans cette norme afin de protéger la santé humaine.

En outre, il n'est pas question de l'ICNIRP ni de ses normes :

- ICNIRP 1998 : Lignes de conduite pour limiter l'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variant dans le temps (à concurrence de 300 GHz);
- ICNIRP 2010 : Lignes de conduite sur les limites d'exposition aux champs magnétiques statiques.

Recommandation GIS.05

Nous recommandons d'ajouter la norme EN 50500 et la norme ICNIRP dans le Plan de contrôle de la CEM afin de garantir que l'impact de la CEM/EMI sur la santé humaine dans les environnements ferroviaires est mesuré et respecte les cahiers des charges types.

8.2.3 Contrôle des courants vagabonds

Dans le chapitre 5.4 du document sur l'approche à adopter dans la protection contre la corrosion pour la base de la conception (référence : 660373-4SYS-003-47SEA-0006), les indicateurs de la protection contre la corrosion pour la structure du pont sont bien définis; or, les indicateurs portant sur la voie ferrée (dont l'interface avec la structure du pont) sont absents. Puisque la structure de la voie ferrée est un élément essentiel du système de collecte des courants vagabonds, il faut définir ces indicateurs en fonction du document du cahier des charges de la voie ferrée et du document sur la mise à la terre et sur la liaison électrique.

Recommandation GIS.06

Le document sur la protection contre la corrosion de la base de la conception doit être actualisé pour tenir compte de l'indicateur de la protection contre la corrosion du pont, en tenant compte de la conception de la voie ferrée.

8.3 ASSURANCE DU SYSTÈME

8.3.1 Généralités

Les coexamineurs ont eu de la difficulté à comprendre les processus d'AS de TNext en prenant connaissance de la documentation qui leur a été transmise. Pour les processus de FDMS, il s'agit, d'après notre expérience, d'une pratique valable pour mettre au point des schémas de principe qui permettent de comprendre ces processus et de s'assurer que tous les intervenants les adoptent. Il serait pertinent pour TNext d'établir cette représentation graphique de ces processus pour savoir dans quelle mesure ils sont diffusés et compris dans l'ensemble de l'organisation du projet. Les examinateurs reconnaissent que dans la détermination des niveaux d'intégrité de

sûreté (NIS), il faut normalement prévoir certains graphiques dans certains documents de TNext (par exemple pour le processus de détermination du NIS dans le document du Plan d'assurance de la sûreté du système). Or, il n'a pas été possible de confirmer que ces graphiques respectent la norme EN 50126:2017.

En outre, l'examen a révélé qu'il se pourrait qu'on ne s'attende pas à ce que certaines activités de FDM soient exercées dans les phases voulues en ce qui a trait au cycle V. Par exemple, le rapport sur l'intégration des exigences relatives à la FDM à l'étape 8 (Intégration) et le cahier des charges de la FDM pour les sous-traitants à l'étape 7 (Construction) devraient intervenir plus tôt dans le cycle chronologique du développement du système pour en assurer l'intégration continue, surtout dans l'interaction entre l'ingénierie et la conception de la FDMS d'une part et, d'autre part, l'ingénierie de la maintenance.

Recommandation AS.01

Il faudrait procéder à un examen de l'ensemble des activités de FDMS dans le cycle chronologique du modèle V pour s'assurer que ces activités se déroulent dans les bonnes phases du projet. TNext devrait aussi décrire les moyens de traiter les constatations portant sur la FDMS dans les travaux de conception et de maintenance.

Dans l'examen du relevé des risques pour les voitures Stadler, nous avons constaté, dans quelques cas, que la sévérité résiduelle était moindre que la sévérité initiale sans qu'il soit question de la protection ou de la prévention supplémentaire, ni non plus de la maîtrise des risques, par exemple dans les documents RST-B-B-004, RST-E-B-004.1 et RST-E-B-004.3 ID de l'analyse préliminaire des risques (APR) de Stadler.

Lorsqu'on envisage de ne pas évaluer l'équipement comme un « escalier mécanique pour Bayview », il faudrait fournir des justifications détaillées. (Même si TNext a précisé que la station Bayview n'a pas d'escalier mécanique selon la portée de ses travaux, le problème porte sur la clarté et la rigueur de la documentation, et non sur cet exemple précis.)

Pour déterminer le niveau d'intégrité de la sûreté (NIS), nous croyons savoir que le NIS de 0 n'est plus présenté dans les normes EN 50126-2:2017 dont TNext a fait état. (Le NIS de 0 constitue simplement le niveau qui n'est pas lié à la sûreté.) Par conséquent, il faudrait harmoniser la terminologie de TNext avec les normes correspondantes.

D'autres constatations se rapportent à l'analyse des risques pour l'ouverture des portières du mauvais côté. L'analyse des risques décrit les scénarios et les mesures de maîtrise liés à l'ouverture des portières du mauvais côté dans la station. Or, nous n'avons pas trouvé l'analyse du même scénario pour les différentes stations. Nous nous inquiétons de constater que l'analyse des risques est incomplète et qu'il se pourrait que certains scénarios soient absents.

Recommandation AS.02

TNext devrait réviser l'APR pour que cette analyse cadre avec la terminologie de la norme EN 50126-2:2017 et procéder à un examen complet de tous les risques et de toutes les mesures de maîtrise des risques en tenant compte de tous les scénarios, en justifiant la dégradation du niveau de sévérité, de même que les cas dans lesquels certains biens d'équipement ne sont pas évalués. Si ce travail n'est pas fait, il se pourrait qu'on ne puisse pas maîtriser certains risques pour la sûreté. Il faudrait présenter dans le Plan d'assurance de la sûreté, plutôt que dans le rapport sur l'APR, la matrice de sévérité des risques, la matrice de probabilité des risques, ainsi que la matrice de criticité des risques.

Les principes adoptés par TNext du point de vue de l'organisation et de la mise en œuvre des processus de FDMS réclament d'autres précisions en ce qui a trait aux aspects de l'autonomie, des pouvoirs et de l'indépendance de l'équipe chargée de la FDMS, de même qu'à ses compétences. Par exemple, le responsable de la sûreté devrait relever non pas de l'IRAS, mais directement du directeur adjoint du projet. On ne sait pas vraiment comment les deux secteurs de l'organisation de l'IRAS se réunissent pour intégrer l'ensemble des activités de l'ingénierie du

système et de la FDMS pour tous les sous-systèmes qui constituent le système de transport en commun de Ligne Trillium. L'indépendance de ces deux organisations et les activités de FDMS qui relèvent d'elles font partie des éléments fondamentaux nécessaires pour donner l'assurance que le produit final et le service final respectent les niveaux de rendement spécifiés pour la FDMS. Il faut aussi que TNext apporte d'autres précisions de gestion des compétences de l'équipe chargée de la FDMS.

Recommandation AS.03

TNext devrait faire état de l'autonomie, des pouvoirs et de l'indépendance, ainsi que de la gestion des compétences de l'équipe chargée de la FDMS. Il se pourrait qu'on doive présenter la modification ou la mise à jour de l'organigramme pour respecter parfaitement la norme EN 50126-1:2017.

8.3.2 FDMS et qualité du service du réseau ferroviaire

Il semble qu'on utilise interchangeablement, dans toute la documentation examinée, les termes « disponibilité du service », « fiabilité du service » et « disponibilité ». Il est nécessaire de définir clairement ces indicateurs du rendement, ce qui permettra d'éviter la confusion lorsqu'il s'agit d'évaluer le rendement des différents éléments de la FDM et ce qui obligera à utiliser la bonne formule mathématique pour calculer le rendement de chacun de ces éléments. En fait, la définition du terme « disponibilité » dans la documentation est liée, selon notre interprétation, à la disponibilité intrinsèque du système, des sous-systèmes et des biens d'équipement, et on ne peut pas considérer que ce terme s'entend de la « disponibilité du service ».

En outre, on parle, dans différents documents, de la MTBF et de la MTBSAF, ce qui pourrait donner lieu à une ambiguïté à propos des objectifs des activités de FDM. Par exemple, il semble y avoir confusion dans le Plan de démonstration de la FDM, entre l'affectation de la disponibilité et le temps moyen correspondant entre les défaillances de service. Il semble que ce dernier paramètre soit lié au rendement du point de vue de la fiabilité du service, alors que la disponibilité est liée à la disponibilité intrinsèque conformément à la norme EN 50126:2017.

Nous nous inquiétons de constater que les sous-traitants de TNext ne mènent pas tous uniformément les activités d'analyse et de démonstration de la FDM en raison de l'imprécision de la documentation globale sur la FDM.

Recommandation AS.04

Il faudrait définir et utiliser uniformément, dans toute la documentation de TNext, ainsi que dans la documentation des sous-traitants, pour éviter toute ambiguïté, les termes de la FDMS comme MTBF et MTBSAF ou « disponibilité des services » et « disponibilité ». Dans les documents, il faudrait expliquer clairement comment on a établi le TMDP de chaque sous-système, en précisant la base de données consultée pour la fiabilité ou en indiquant si on s'en est remis aux résultats techniques de l'expérience dans le calcul de cet indicateur.

Il faudrait établir les paramètres de la mesure de la qualité du service commercial en fonction de la définition de ces termes et des formules de calcul correspondantes. Les quatre aspects de la FDMS (fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sûreté) apportent un énorme concours au rendement du service commercial. Il faudrait mieux exprimer l'approche se rapportant à l'apport de cette notion dans le plan du programme de FDM. Il faudrait exprimer les formules de calcul spécifiques de la fiabilité et de la disponibilité par rapport à chaque système ou sous-système en fonction du mode opératoire de chaque système ou du profil de sa mission, par exemple un fonctionnement continu ou intermittent, ce qui permettra de démontrer rigoureusement que l'on atteint les cibles de la FDM dans le service commercial.

S'agissant de l'affectation de la fiabilité et de son attribution descendante à l'URP, les exigences de la fiabilité du service exprimées dans l'AP devraient être analysées dans les détails. Les déductions et les interprétations

devraient être établies en fonction des besoins, des exigences et des contraintes, ce qui permettrait d'attribuer correctement le rendement de la fiabilité au système, au sous-système ou à l'équipement et de définir et d'optimiser l'architecture. Cette attribution devrait aussi correspondre aux capacités de FDM des fournisseurs.

Recommandation SA.05

Il faudrait exprimer les formules de calcul de la fiabilité et de la disponibilité et les adapter au profil de la mission ou au mode opératoire de chaque système, sous-système ou bien d'équipement. La fonction de FDM devrait être attribuée à l'URP et paraître dans le rapport de l'affectation de la FDM.

TNext devrait préciser, dans l'analyse des défaillances, la catégorisation des défaillances, ainsi que les phases opérationnelles ou non opérationnelles correspondantes, le profil de la mission du réseau de transport en commun, les conditions opérationnelles, les conditions de la maintenance et les facteurs humains, conformément aux normes EN 50126-1, EN-2 et EN 50129. Il faut analyser les défaillances dont les causes sont communes conformément à ces normes, ainsi que les effets de la mise en œuvre de la conception, les erreurs de construction et les défaillances des constituantes du système qui pourraient gêner les principes de la conception redondante.

Recommandation AS.06

TNext devrait procéder à une analyse des défaillances dont les causes sont communes et en faire état dans un rapport spécifique portant sur les défaillances systématiques afin de s'assurer que les événements de l'analyse arborescente des défauts sont vraiment indépendants.

Les coexamineurs n'avaient pas suffisamment d'information ni de documentation confirmant l'existence d'un plan pour surveiller le rendement de la FDMS après le lancement de la mise en service commercial. Il faut absolument réunir des données sur le terrain afin de mesurer le rendement de la FDMS pour veiller à exercer une surveillance continue, confirmer que la FDMS donne le rendement voulu, analyser les défaillances et promouvoir dans l'ensemble la croissance de la fiabilité, grâce à un plan d'intervention ponctuelle, au besoin.

Recommandation AS.07

TNext devrait préciser le processus de collecte et d'analyse des données sur le terrain se rapportant à la FDMS en expliquant l'information qui sera recueillie, surveillée, comment elle le sera, puis en précisant le processus d'analyse, ainsi que la définition et la mise en œuvre du plan d'action.

8.3.3 Stratégie de réduction des risques

On peut exercer le contrôle des risques en exécutant des mesures de maîtrise ou en éliminant les risques et en menant une analyse systématique des cas.

Dans la structure-cadre de réduction ou de correction des risques, on peut faire appel aux processus, méthodologies et techniques de la FDMS pour :

- recenser les mesures de maîtrise potentielles permettant d'éliminer les risques liés aux obstacles dans le développement d'un plan de conception lié à la sûreté;
- éliminer les obstacles procéduraux liés à la sûreté;
- définir les tâches périodiques de maintenance se rapportant à la sûreté;
- maîtriser tous les risques de diminution éventuels du rendement du système, par exemple en augmentant la fiabilité.

Ces types de mesures de maîtrise des risques constituent l'un des moyens d'améliorer la sûreté du système, la fiabilité du service, ainsi que la disponibilité du système, des sous-systèmes et des biens d'équipement. On peut

regrouper les différents types de mesures de maîtrise des risques dans la structure-cadre d'une stratégie globale de réduction des risques.

Recommandation AS.08

TNext devrait préciser l'approche adoptée pour réduire les risques liés à la sûreté et les risques liés à la FDM en s'en remettant à la norme EN 50126:2017.

8.3.4 Réutilisation ou adaptation d'un système déjà certifié

Puisque le réseau de transport en commun de masse de la Ligne Trillium comprend des sous-systèmes transformés pour lesquels on met en œuvre des mises à jour et des modifications fonctionnelles, les activités de FDMS devraient comprendre des analyses de lacunes. Toutefois, on n'a pas communiqué aux examinateurs, à cet égard, de pièces justificatives confirmant cette activité. En règle générale, l'analyse des lacunes devrait se dérouler lorsqu'on réutilise un ancien produit ou qu'on l'adapte pour un système différent, dont les conditions environnementales et opérationnelles sont également différentes; il faudrait s'en remettre aux lignes de conduite de la norme EN 50126:2017.

TNext aurait dû mener une analyse des lacunes de sûreté se rapportant à la réutilisation ou à l'adaptation d'un système, d'un sous-système ou d'un bien d'équipement existant (par exemple les trains LINT d'Alstom) en s'en remettant aux lignes de conduite de la norme EN 50126:2017. Aucune pièce justificative confirmant que cette analyse a été faite n'a été communiquée aux coexamineurs avant de rédiger le présent rapport.

Pour le parc de voitures existant réutilisé ou adapté, TNext aurait dû préciser, dans son Plan de certification de la sûreté, s'il s'agit ou non d'une acceptation mutuelle ou de la reconnaissance de l'acceptation antérieure de la sûreté du parc existant (originel) de voitures LINT d'Alstom. La reconnaissance de l'acceptation antérieure de la sûreté du parc existant (originel) de voitures LINT d'Alstom pourrait limiter l'effort des activités de FDMS dans la recertification des voitures à remettre en service commercial pour le parc de voitures réutilisé ou adapté.

À la fin de novembre et au début de décembre 2022, TNext a fourni, par l'entremise de la Ville d'Ottawa, d'autres documents; essentiellement, on a remis aux examinateurs le dossier de sûreté des SSRT de Siemens et le rapport sur l'évaluation de la sûreté des SSRT de TUV SUD. Ces documents donnent lieu à d'autres inquiétudes à propos du processus d'assurance des systèmes de TNext. Conformément au CCDP, le SSRT doit être conforme à la norme EN 50126:2017. Toutefois, le dossier de sûreté de Siemens transmis par la Ville est mis au point d'après la norme EN 50126:1999, et le rapport sur l'évaluation de la sûreté indique clairement que TUV SUD n'est pas certifiée pour cette version de la norme. Les coexamineurs n'ont donc pas l'assurance que cet aspect du processus de contrôle de la sûreté est bien maîtrisé par TNext.

Recommandation AS.09

TNext devrait présenter, dans un document spécifique, le principe et le processus de l'analyse des lacunes pour les produits réutilisés, déjà certifiés ou non. Dans ce document, TNext devrait préciser les moyens grâce auxquels elle gère les périmètres fonctionnels et les interfaces fonctionnelles entre le parc de voitures originel et le parc de voitures adapté au projet (le cas échéant). Cette recommandation s'applique aussi au SSRT, qui n'est pas conforme aux exigences du CCDP du point de vue de la conformité au Code.

8.3.5 Conformité aux normes de CENELEC

Dans ses normes, CENELEC demande au moins que toutes les entités appelées à intervenir dans le projet respectent la norme ISO 9001 ou l'équivalent, ce qu'elles doivent démontrer par des vérifications et des éléments

de preuve traçables. Actuellement, les plans d'assurance du système de TNext ne font pas clairement état de ce point.

Après avoir examiné les documents sur l'IRAS de TNext et malgré l'information organisationnelle supplémentaire fournie par TNext pendant et après la réunion avec cette entreprise sur cette question, il paraît très difficile d'analyser l'organisation effective de l'équipe du projet et de confirmer son indépendance comme le demande la norme EN 50126/50129 et la norme EN 50128. Par exemple, le responsable de la sûreté devrait relever non pas de l'IRAS, mais plutôt directement du directeur adjoint du projet.

On ne sait pas non plus clairement comment les deux parties de l'organisation de l'IRAS se réunissent pour intégrer l'ensemble des activités de l'ingénierie du système et de FDMS pour tous les sous-systèmes qui constituent le réseau de transport en commun de la Ligne Trillium. L'indépendance de ces deux organisations et les activités de FDMS qui relèvent d'elles font partie des éléments fondamentaux nécessaires pour donner l'assurance que le produit final et le service final respectent les niveaux de rendement spécifiés pour la FDMS et qu'il n'y a aucun risque lié à la démonstration de la sûreté.

Conformément à la norme EN 50126 et relativement à l'indépendance, on demande certains plans :

- plan de sûreté;
- plan de FDM;
- plan de vérification (portant sur les essais);
- plan de validation.

À l'heure actuelle, la vérification et la validation font l'objet du même plan. D'après CENELEC le VALIDEUR et indépendant du VÉRIFICATEUR, et par conséquent, on ne peut pas les grouper dans le même plan.

Pour illustrer ce point, nous avons constaté, pendant notre examen, que TNext confond la validation et la vérification, et qu'on explique, dans ses documents, que le valideur doit fournir une matrice des exigences. Or, cet élément n'est pas conforme aux parties 1 et 2 de la norme EN 50126, qui précisent clairement les exigences à respecter, par exemple :

- section 6.7.3 de la partie 1 : structure du plan de validation;
- section 7.5.4 de la partie 1 : tâches de validation;
- section G.3 de la partie 2 : définition des responsabilités et des compétences du VALIDEUR.

Le VALIDEUR est un intervenant clé dans le projet, et ce cas de non-conformité possible de TNext est un risque dont on ne semble pas tenir compte d'après l'information que nous avons obtenue à la date de la rédaction de ce rapport.

À la fin de novembre et au début de décembre 2022, TNext a fourni aux coexamineurs, par l'entremise de la Ville, d'autres documents à jour, soit essentiellement le plan de VV révisé et le Plan de certification de la sûreté du système révisé; dans ces documents, il est toujours évident que la VV n'est pas menée indépendamment, en particulier pour les phases 1 à 4 de la norme EN 50126:2017. En outre, selon l'appendice G de la norme EN 50126:2017, qui est rappelée dans les documents de TNext évoqués ci-dessus, la vérification et la validation sont distinctes du point de vue des responsabilités et des compétences essentielles. Or, TNext ne semble pas le préciser clairement. La question a été déjà débattue et le dossier a été clos dans le rapport ATKINS ISA² en date de mai 2021, qui a également été communiqué aux examinateurs à la fin de novembre 2022; c'est pourquoi nous ne signalons pas à nouveau cette question à TNext dans ce rapport; cette question réclame plus d'attention. Il est important de noter que les examinateurs n'ont aucun moyen de vérifier que TNext applique les plans révisés, qui ont été communiqués très tard dans le déroulement de l'examen. On ne connaît pas l'impact de ce cas de

² Les coexamineurs ont noté que SNC a fait appel à ATKINS comme EIS et ont supposé que puisque ces deux sociétés sont affiliées, ce lien ne nuit pas

non-conformité potentielle de TNext, qui devrait faire l'objet de nouvelles enquêtes, d'une analyse des lacunes et d'un plan de maîtrise des risques, ce qui déborde le cadre de ce rapport. Enfin, si TNext considère que l'organisation est satisfaisante pour les sous-systèmes du NIS2 et des niveaux inférieurs selon le cas B de la section 7.3 de la norme EN50126-2:2017, ce point soulève les deux interrogations suivantes : Qu'en est-il des interfaces des sous-systèmes du NIS4 et de l'intégration de l'ensemble du système? Ces éléments relèvent directement de la compétence de TNext, et on ne sait pas vraiment comment elle traite ce problème, compte tenu de l'organisation existante. Que dire aussi des phases 1 à 4, pour lesquelles cette clause ne s'applique pas? Pourquoi n'en est-il pas question dans la documentation de TNext?

En outre, les versions à jour des plans de TNext que nous avons reçues n'expliquent pas comment, d'après les descriptions de tâches, on évalue et démontre les compétences. De surcroît, les coexamineurs n'ont pas reçu (même s'ils l'ont demandé) suffisamment d'information et de documentation confirmant que les employés sont (ou ont été) formés par rapport aux normes de CENELEC et, en particulier, TNext n'a pas expressément transmis de plan formel de gestion des compétences. Toutefois, TNext a fait savoir de vive voix que son personnel responsable de la sûreté suit à intervalles réguliers une formation interne pour s'acquitter de ses fonctions. Les coexamineurs n'ont pas pu vérifier cette information dans les documents communiqués par TNext par l'entremise de la Ville.

Dans le Plan d'assurance de la sûreté, il est question de certaines normes de CENELEC; or, il manque des normes, par exemple EN 50159 et EN 50155. Il s'agit d'un problème puisqu'au niveau du projet, il est essentiel de gérer l'intégration des différents acteurs et qu'il est absolument essentiel de vérifier que le produit est conforme à la norme EN 50155 lorsqu'il est intégré dans un train (en plus de respecter la norme EN 50129). Si cette activité d'intégration n'est pas bien gérée, il est possible de s'attendre à des problèmes pendant la mise en service, dont la mise en service commercial.

De plus, dans le Plan d'assurance de la sûreté de TNext, on rappelle d'autres normes, comme la norme IEC 61508, sans toutefois expliquer comment on applique ces normes pour la démonstration de la sûreté. Le risque porte sur l'incompatibilité des différentes normes. Certaines activités exigées dans la norme IEC 61508 sont différentes de celles que prévoient les normes de CENELEC. Il faudrait décrire dans le plan les moyens d'appliquer ces normes et les raisons exactes qui les expliquent.

Dans le Plan d'assurance de la sûreté, le principal problème est lié à la gestion des TRT/TDFT (taux de risque tolérable/taux de défaillance fonctionnelle tolérable). La norme EN 50126:2017 a changé l'approche adoptée en ce qui a trait aux révisions apportées. Premièrement, TNext doit recenser les risques et les TRT correspondants, puis attribuer les risques à des fonctions, et enfin, à des sous-systèmes. Quand les TRT sont attribués, il est possible d'adopter les TDFT; d'après les TRT et les TDFT, il est possible de calculer le NIS pour les fonctions et le soutien de ces fonctions (sous-systèmes et biens d'équipement). La version actuelle du Plan d'assurance de la sûreté de TNext ne priorise que le NIS; autrement dit, on gère systématiquement les défaillances, alors qu'il faudrait aussi faire état des TRT et des TDFT pour la gestion aléatoire des défaillances. Dans les dernières discussions qui ont eu lieu à la fin de novembre 2022, TNext a affirmé qu'elle n'avait pas besoin de suivre ce processus, puisqu'elle « connaissait déjà les NIS de chacun des sous-systèmes » avant de lancer le processus; cette affirmation ne cadre pas avec la norme EN 50126:2017. En outre, le dernier document en date transmis par TNext par l'entremise de la Ville en novembre 2022 (le Plan d'assurance de la sûreté du système) ne permet pas aux examinateurs de supposer que le processus décrit dans la section 10.2 de la norme EN50126-2:2017 a été appliqué. Il semble aussi que cette question a été signalée dans le rapport de SENER en date du 22 septembre 2022, mais que ce point a ensuite été clos. À ce stade, il n'est pas possible, pour les coexamineurs, de prendre connaissance de la teneur des discussions qui se sont déroulées et qui ont amené à clore ce point dans le rapport de SENER; les examinateurs ne connaissent pas les conséquences de ce fait; toutefois, il pourrait très bien y avoir

un impact considérable. Cette question oblige à analyser plus en détail les documents de TNext et ses processus, ce qui déborde le cadre de ce coexamen. Nous précisons également que conformément à la section 10.2.7 de la norme EN 50126:2017, le recours à l'approche qualitative n'a pas pour effet de renoncer à l'exigence relative aux TDFT, comme l'a affirmé TNext pendant la réunion tenue à la fin de novembre 2022.

Les normes de CENELEC introduisent aussi la notion du produit générique, de l'application générique et de l'application spécifique, ce qui est utile pour la répartition du système et pour le déploiement itératif; à l'heure actuelle, on n'explique pas clairement comment ces questions sont gérées par TNext.

S'agissant du Plan de certification actuel de TNext, la relation entre les équipes du projet et les EIS n'est pas clairement expliquée. En outre, l'objectif du Plan de certification, qui consiste à expliquer comment on procédera aux différentes évaluations, n'est pas atteint du point de vue des coexamineurs.

La responsabilité liée à l'intégration est une question finale qui figure dans le plan : certains biens d'équipement de l'entrepreneur X sont assemblés dans le matériel de l'entrepreneur Y; or, on ne sait pas vraiment qui a la responsabilité ultime de l'intégration. C'est pourquoi il n'est pas possible de conclure que les responsabilités dans l'intégration sont clairement attribuées et comprises parmi tous les intervenants en cause.

Pour conclure, les coexamineurs ont constaté que TNext n'a pas parfaitement démontré qu'elle respecte les normes CENELEC EN 50126:2017 et EN 50129:2018, selon les documents transmis et les entrevues qui se sont déroulées.

Recommandation AS.10

TNext devrait assurer la traçabilité formelle entre les normes de CENELEC et ses plans, ainsi que les autres résultats et activités de l'AS, afin de démontrer qu'elle respecte ces normes. Cette question est essentielle pour donner confiance dans le processus et dans les résultats.

9. VÉRIFICATION DE LA CONSTRUCTION, ESSAIS ET MISE EN SERVICE

9.1 CONTRÔLE DE LA CONSTRUCTION

Un facteur essentiel pour assurer la durabilité nécessaire, surtout en tenant compte des conditions météorologiques au Canada, consiste à contrôler la couverture concrète de l'acier d'armature des structures. L'expérience nous apprend que les cages de barres d'armature se déplacent pendant le bétonnage en raison des espaceurs insuffisants ou des manœuvres abruptes. Pour maîtriser ce risque, il aurait fallu prévoir des essais non destructifs (par exemple par géoradar) après le durcissement du béton. Les examinateurs n'ont pas relevé ce contrôle dans la documentation et considèrent donc qu'il s'agit d'un risque à long terme potentiel de détérioration des structures.

Recommandation CON.01

TNext devrait mettre au point une méthode pour vérifier, après le bétonnage, le positionnement adéquat de la couverture de béton de l'acier d'armature des structures.

9.2 DÉROULEMENT DES EMS

Nous avons examiné le plan des EMS; de nombreuses questions sont restées en suspens, puisque ce plan est très préliminaire et qu'il ne fait pas état dans les détails de la stratégie, des plans et des procédés d'essai.

Nous n'avons pas pu trouver de plan complet pour les essais hors site. Nous croyons savoir que les fournisseurs de TNext n'ont pas de stratégie claire et qu'il n'y a pas d'interfaces en usine ni d'essais d'intégration entre les entrepreneurs.

On ne sait pas non plus dans quelle mesure l'intégration a été assurée entre SIEMENS et STADLER dans la voie d'essai en usine.

À notre avis, l'absence d'intégration en usine des systèmes SCADA et de télécommunications constitue aussi un risque pour ce projet.

En outre, il ne semble pas y avoir de procédure pour définir les critères permettant de s'assurer qu'un sous-système ou un bien d'équipement est prêt à subir les essais sur le site.

Recommandation EMS.01

Il faudrait mettre en place un plan d'essai clair pour l'intégration en usine et dresser une liste exhaustive des essais à mener en usine, ainsi que des critères de réussite clairs afin de réduire le nombre de problèmes à constater sur le site.

Nous nous inquiétons aussi de l'adéquation des outils de gestion des EMS, par exemple pour la gestion des défauts et de la configuration (du matériel et des versions des logiciels et des micrologiciels, entre autres), puisque nous n'avons pas pu constater l'existence de ces outils ni savoir s'ils sont utilisés et adéquats. Veuillez consulter la recommandation GIS.02.

En outre, relativement au processus de gestion des EMS, nous n'avons pas pu prendre connaissance du calendrier intégré complet faisant état de tous les liens d'interdépendance et de toutes les interfaces entre les systèmes. Ce calendrier est essentiel pour la réussite des EMS.

Recommandation EMS.02

TNext devrait établir un calendrier complet et intégré, faisant état de tous les liens d'interdépendance et de toutes les interfaces entre les systèmes, ainsi que d'une feuille de route claire à suivre pour le rendement des essais d'intégration du système. Ce calendrier devrait comprendre un ensemble d'IRC et un tableau de bord permettant de suivre attentivement, chaque semaine ou toutes les deux semaines au mieux, les progrès accomplis dans les essais de chaque secteur d'activité, en plus de faire état des points de blocage et de les porter à la connaissance des responsables pour résoudre rapidement les problèmes.

L'absence de plan clair pour vérifier le rendement du système durant l'hiver, avant de le mettre en service commercial, est un autre problème relevé en ce qui concerne les EMS.

Recommandation EMS.03

TNext devrait prévoir un plan d'essai pour vérifier le rendement du système durant l'hiver.

Nous avons aussi noté que les exigences opérationnelles minimums (EOM) ou les normes opérationnelles ne sont pas clairement définies. D'après l'affirmation faite par TNext de vive voix, ce travail n'a été lancé que pour les véhicules RSK. Ce problème est lié à l'absence de critères clairs pour le succès des essais de démonstration du fonctionnement du système, puisque d'après l'interprétation de TNext, tant que les défaillances ne se répercutent pas sur les départs des trains à partir des terminus, le rendement est démontré.

Or, nous croyons qu'il faut définir un ensemble clair d'EOM. Le rendement de la fiabilité du service exigé dans la partie 1 de l'annexe 15-2 de l'AP s'établit à 98,5 %. Il s'agit de la seule exigence exprimée dans l'AP; or, elle fait intervenir beaucoup d'activités de FDMS, pour démontrer qu'on atteint cette cible de la fiabilité du service. TNext devrait attribuer la responsabilité de cette exigence de 98,5 % dans la fiabilité du service au niveau inférieur de la structure de répartition du système (SRS), plutôt qu'au niveau supérieur du système de transport en commun de masse, en tenant compte des fonctions, des sous-systèmes et des biens d'équipement.

Recommandation EMS.04

TNext devrait adopter un ensemble d'exigences opérationnelles minimums dérivées de l'exigence de 98,5 % du rendement et réviser son analyse de la FDM pour attribuer l'exigence correspondant au rendement à chacun des systèmes, des sous-systèmes et des biens d'équipement et à chacune des fonctions.

10. EXPLOITATION ET MAINTENANCE

10.1 EXPLOITATION

Les conclusions se fondent sur les documents mis à la disposition de SYSTRA/RATP et sur les entrevues menées avec la Ville d'Ottawa et TNext.

Voici les principaux documents d'intérêt pour l'exploitation :

- accord du projet – partie 1 de l'annexe 15-2 : version de l'exécution;
- accord du projet – partie 4 de l'annexe 15-2 : version de l'exécution;
- RCP-ORM-TL2-CON-0003 – concept des opérations;
- modélisation opérationnelle – ensemble du système et IER (SNC-LAVALIN).

Nous avons relevé certains risques qui pourraient potentiellement se répercuter sur les opérations. Ces risques sont liés essentiellement au dimensionnement des infrastructures et du matériel roulant, mais aussi au concept des opérations.

10.1.1 PHPD prévu et conception opérationnelle

Comme le mentionne l'AP, l'achalandage prévu s'établit à :

- un PHPD de 1 950 à la station Walkley en 2031;
- un PHPD de 2 450 à la station Greenboro en 2048.

Nous n'avons pas pu prendre connaissance de la capacité exacte, dans les documents du projet, des trains Alstom remis à neuf. Pour la ligne principale exploitée avec les trains Stadler, on n'a pas démontré que la demande prévue (PHPD) en 2048 peut être satisfaite en tenant compte de la marge minimum de 12 minutes.

Pour atteindre un PHPD de 2 450, nous croyons qu'il est nécessaire de prévoir plus de trains ou une marge inférieure.

Recommandation SPO.01

Examiner l'analyse des PHPD prévus en 2031 et 2048, en tenant compte de la marge minimum et du parc effectif de trains pour savoir s'il est nécessaire d'apporter des améliorations afin d'atteindre le nombre de PHPD prévu pour 2048.

10.1.2 Taille du parc de voitures Stadler

L'équipe SYSTRA/RATP a cerné un risque, soit la taille insuffisante du parc de voitures Stadler. Ce risque a été confirmé par les experts de la modélisation de TNext pendant l'entrevue.

En ce qui a trait à un temps de cycle (terminus nord – terminus sud – retour – terminus sud – terminus nord – retour) de 84 minutes sur la ligne principale et de 24 minutes sur la liaison aéroportuaire et compte tenu de la marge de 12 minutes, la taille minimum du parc de voitures pour les opérations s'établit à :

- 7 trains Stadler sur la ligne principale (capacité de 420 passagers);
- 2 trains (Alstom) sur la liaison aéroportuaire.

La marge de 12 minutes est programmée pour la quasi-totalité des heures d'exploitation.

En date d'aujourd'hui, la Ville d'Ottawa et TNext ont commandé et reçu sept trains Stadler, et le parc de voitures Alstom est constitué de six trains. Nous y voyons un risque, puisque selon les travaux nécessaires de maintenance (planifiée et non planifiée) des nouveaux trains Stadler, un ou deux de ces trains pourraient être immobilisés simultanément.

Dans le scénario du pire, il faudrait remplacer deux trains Stadler par les trains de rechange (2x2 trains LINT), et deux trains LINT sont nécessaires pour les opérations de la liaison aéroportuaire. Dans ce scénario, il ne reste plus de trains de rechange pour les opérations ni dans le cas où un train LINT fait l'objet de travaux de maintenance. Il y aura des répercussions sur les opérations puisqu'on ne peut pas offrir la capacité voulue en raison du volume insuffisant du matériel roulant.

Enfin, deux trains LINT ont moins de portières qu'un train Stadler, ce qui pourrait donner lieu à des problèmes de délai d'attente lorsque les passagers montent et descendent, surtout sur la ligne principale aux heures de pointe.

Recommandation SPO.02

Il faudrait se pencher sur l'option qui consiste à commander un huitième train Stadler afin de réduire le risque de dégradation des opérations en raison de la maintenance non planifiée des nouveaux trains Stadler.

10.1.3 Capacité des infrastructures

D'importants tronçons de la Ligne Trillium sont des lignes à une seule voie. Il est difficile d'exploiter les lignes à une seule voie, surtout si la fréquence est faible, étant donné le risque élevé de propagation des retards et de dégradation de la qualité du service. En date d'aujourd'hui, toutes les simulations se sont déroulées avec une marge minimum de 12 minutes, ce qui représente la marge opérationnelle normale.

Il n'y a pas eu de simulation pour des marges de moins de 12 minutes, ce qui aurait permis de connaître la marge qui existe en cas d'interruption du service. C'est pourquoi il est difficile de connaître les contraintes effectives du parc de véhicules et des infrastructures qui représentent la marge minimum réalisable. Cette information est essentielle pour pouvoir appliquer des procédures opérationnelles exactes en cas d'interruption du service.

Recommandation SPO.03

Compte tenu de l'achalandage prévu, simuler la marge minimum réalisable sur la ligne pour avoir une vue d'ensemble de la marge disponible en cas d'interruption.

Le délai d'exécution de trois minutes à la station South Keys pour les trains de la Liaison aéroportuaire est relativement court pour l'achalandage de la banlieue. Pour d'autres lignes, par exemple en Europe, le délai comparable est de l'ordre de huit minutes pour un délai d'exécution minimum (soit le délai d'exécution retenu pour les autres stations terminales de la Ligne Trillium).

Recommandation SPO.04

Appliquer un délai d'exécution d'au moins cinq minutes à la station South Key pour les trains de la Liaison aéroportuaire.

10.1.4 Concept de régulation de la circulation pour limiter la propagation des retards

Les simulations déterministes effectuées par TNext paraissent rigoureuses. Or, nous avons été étonnés par la modélisation stochastique de légers retards seulement et par l'augmentation des délais d'attente de moins de deux minutes. Pour confirmer la fiabilité et la résilience de la circulation sur cette ligne très spécifique, il serait utile, conformément aux pratiques du marché, de mener des simulations stochastiques des incidents plus importants (d'après le taux de défaillance des infrastructures et du matériel roulant et selon les incidents mettant en cause des passagers).

Pendant les entrevues qui ont eu lieu avec la Ville d'Ottawa, OCT et TNext, nous avons appris la raison pour laquelle seuls de légers retards des trains ont été simulés. La stratégie opérationnelle actuelle dans le cas des

retards dont la durée est égale ou supérieure à six minutes (soit la moitié de la marge) consiste à garder tous les trains sur la ligne à la prochaine station jusqu'à la prochaine heure de départ programmée.

Recommandation SPO.05

Afin d'améliorer l'exactitude des procédures opérationnelles et d'avoir une meilleure idée de la robustesse de l'exploitation de la ligne, nous recommandons de mener des simulations stochastiques en faisant appel à des incidents plus proches de la réalité, par exemple :

- le problème technique des portières à la station sur la ligne principale (train bloqué pendant une durée de 10 à 15 minutes);
- un passager malade et inconscient dans un train (20 minutes pour attendre les services d'urgence);
- et ainsi de suite.

10.1.5 Concept de régulation de la circulation afin de limiter la propagation des retards

Il aurait pu être intéressant de prendre connaissance de nombreux autres documents; toutefois, à ce stade du projet, ces documents n'étaient pas disponibles, et nous n'avons donc pas pu en prendre connaissance. Il s'agit par exemple :

- du plan de service des opérations;
- des manuels sur l'exploitation et la maintenance;
- des procédures opérationnelles;
- du programme de formation sur la sécurité à l'intention du personnel responsable de l'exploitation et de la maintenance;
- du programme de formation sur la sûreté à l'intention du personnel responsable de l'exploitation et de la maintenance.

C'est pourquoi l'évaluateur n'a pas pu exprimer des opinions sur le concept de régulation de la circulation destiné à limiter la propagation des retards.

10.2 MAINTENANCE ET REMISE À NEUF

Les constatations se fondent sur les documents qui nous ont été fournis, de même que sur les entrevues qui ont été organisées avec les équipes de maintenance de TNext.

10.2.1 Généralités

10.2.1.1 Personnel et organisation

TNext a fourni l'information suivante sur l'équipe pendant les entrevues :

- Le directeur de la maintenance a été nommé en 2020. Son curriculum vitae fait état de sa vaste expérience dans différents projets (nouvelle ligne du métro au Brésil et projet de PPP à Londres [Ligne Piccadilly], entre autres) et dans différentes fonctions (dont celles de gestionnaire des EMS et de directeur de la maintenance).
- Un autre directeur de la maintenance a encadré la maintenance six mois avant lui.
- Depuis 2020, un gestionnaire de la maintenance des voitures fait partie de l'équipe chargée de la maintenance.
- On a recruté un gestionnaire de la voie ferrée dans l'équipe chargée de la construction.
- Il y a aussi six techniciens, qui sont d'anciens employés de Bombardier ou d'Alstom et qui ont une vaste expérience des voitures LINT d'Alstom. On a recruté ou on recrutera, dans l'équipe chargée de la construction, d'autres membres du personnel des équipes responsables de la maintenance.

- Le plan de maintenance préliminaire donne de l'information limitée sur les effectifs et sur leur mobilisation. Or, on ne nous a pas fourni de document spécifique, par exemple un plan de mobilisation qui définit les politiques et l'organisation et qui explique comment on appliquerait ces politiques. Nous nous serions attendus à recevoir ce document à ce stade du projet.
- La stratégie de TNext consiste à maximiser le recrutement auprès de l'équipe chargée de la construction.
- TNext s'attend à ce que les migrations (entre l'équipe chargée de la construction et celle qui est responsable de la maintenance) de ces employés se déroulent « le plus tôt possible » et paraît confiant dans les effectifs.

Recommandation IAM.01

Compte tenu de la pénurie de ressources compétentes au Canada, nous recommandons que TNext produise un plan de mobilisation de la maintenance, ainsi qu'un calendrier clair et des IRC à appliquer afin de prévoir les problèmes éventuels.

10.2.1.2 Politique sur la maintenance

En juillet 2022, on a modifié le concept de la maintenance : dorénavant, différentes tâches de maintenance se dérouleront en interne, au lieu d'être externalisées.

D'après TNext, le document sur le concept de la maintenance a été annulé et remplacé par le plan de maintenance et de remise à neuf; dans ce plan, on s'est penché sur les commentaires libres relatifs au concept de la maintenance, et tous les points ont par la suite été clos, sauf un. Toutefois, on ne nous a pas fourni le plan de maintenance et de remise à neuf.

Sans ce document, nous n'avons pas pu savoir si on avait estimé suffisamment de temps pour la maintenance, la taille et l'organisation de l'équipe chargée de la maintenance.

Puisque la plupart des tâches de maintenance se dérouleront en interne, il est essentiel de compter sur le personnel compétent voulu, d'autant plus qu'il n'y a qu'une voiture en réserve.

TNext nous a fait savoir (de vive voix) que le concept de la maintenance fait l'objet d'un document qui a été rédigé en 2019.

Recommandation MAI.02

Recommandation retranchée du rapport final, en raison de l'information très récente qui a été déposée

10.2.2 Intervention de l'équipe chargée de la maintenance

Nos entrevues nous ont permis de confirmer que l'équipe chargée de la maintenance assure la liaison avec l'équipe chargée des études et de la réalisation, la Ville d'Ottawa et l'exploitant, notamment dans le cadre d'ateliers portant sur les thèmes suivants :

Exemples :

- ateliers sur l'exploitation et la maintenance auxquels participe la Ville;
- comité de la maintenance;
- REX phase 1 – Ligne de la Confédération;
- sûreté;
- rédaction des manuels sur l'exploitation;
- et ainsi de suite.

L'équipe chargée de la maintenance et de la remise à neuf travaille en étroite collaboration avec l'équipe responsable des études et de la réalisation.

Cette collaboration active entre les équipes donne lieu à des réunions à intervalles réguliers, dont la réunion mensuelle d'interface, ce qui permet de discuter des points importants (par exemple le secteur de la maintenance); ou encore la réunion hebdomadaire organisée pour discuter des problèmes clés de conception et pour y apporter des solutions adoptées par convention.

L'équipe chargée de la maintenance et de la remise à neuf intervient aussi dans l'ensemble du dossier d'examen de la conception.

Cette équipe n'est pas responsable de la maintenance pendant la phase de la réalisation, qui a été confiée à l'équipe de la construction, à l'exception du matériel roulant entreposé et dont Alstom assure l'entretien dans l'ancienne IER.

L'organisation des réunions à intervalles réguliers et la participation de l'équipe de la maintenance aux différentes phases du projet cadrent avec les règles de l'art de la profession.

10.2.3 Calendrier

Dans le cadre des entrevues avec TNext, nous avons appris que le calendrier des travaux de maintenance de la Ville donnait des détails sur les travaux de remise à neuf des trains d'Alstom, sur la livraison des trains Stadler, sur les séquences d'essais, sur la préparation de l'IER et sur la période de rodage, entre autres.

Le calendrier des travaux PBS-2 ne donnait pas cette information, ou l'information était trop diluée pour permettre de connaître le statut de chaque tâche. C'est pourquoi nous n'avons pas pu évaluer la durée de chaque tâche, et surtout, l'impact des retards. Il faudrait donner cette information à TNext, puisqu'elle est essentielle pour les prochaines étapes en prévision de la mise en service commercial.

Recommandation MAI.03

La Ville devrait s'assurer qu'il existe un calendrier consacré à la maintenance et que ce calendrier est à la disposition de TNext; ce calendrier devrait faire état de toutes les grandes étapes dans le déploiement des activités de maintenance et être intégré dans le calendrier du projet, en plus de préciser clairement les étapes à franchir.

10.2.4 Plan de maintenance et de remise à neuf

Les six trains d'Alstom ont été immobilisés en mai 2020; Alstom les a garés et en a assuré la maintenance dans l'ancienne IER, conformément à une PMI (procédure de maintenance immobilisée).

Nous n'avons pas eu accès à cette PMI et nous n'avons donc pas pu vérifier que les tâches accomplies, la date de contrôle et la liste des problèmes étaient adéquates ou non.

On a aussi procédé à des travaux de remise à neuf des trains d'Alstom; ces travaux sont aujourd'hui terminés. On ne nous a pas donné d'information sur l'achèvement des travaux de remise à neuf ni de document de validation indiquant que les cahiers des charges obligatoires sont respectés.

Le document sur la maintenance de Stadler a été déposé, et l'équipe de l'entretien de TNext en a pris connaissance. Nous n'avons pas eu accès à ce document de maintenance.

Pendant l'entrevue, TNext a confirmé que toutes les activités de maintenance et de remise à neuf des trains d'ALSTOM et de STADLER sont en place; toutefois, on ne nous a pas donné assez d'information ni de documentation pour avoir suffisamment l'assurance que c'est effectivement le cas.

10.2.5 Matériel roulant et maintenance de ce matériel

On peut définir l'intervalle entre deux étapes de maintenance d'après le kilométrage ou le délai écoulé, selon le premier terme atteint. L'intervalle est généralement défini par le CEO et doit être rigoureusement respecté afin d'éviter des risques pour la sûreté; on ne peut le modifier qu'après avoir analysé les conditions opérationnelles et obtenu l'avis technique des experts.

On a porté à notre connaissance une seule activité de maintenance en retard : elle porte sur les paliers des essieux à tous les 600 000 kilomètres ou à tous les quatre ans. On nous a fait savoir qu'il n'y avait pas de rapport sur le rendement antérieur des trains LINT 41 d'Alstom (MTBF et problèmes de disponibilité, de ponctualité et de fiabilité) et qu'il n'y a pas de document (traçabilité de la maintenance et rapport sur les réparations) indiquant que les problèmes antérieurs de fiabilité ont été analysés, ce qui empêche TNext de s'assurer que les trains d'Alstom seront en bon état pour le début de la mise en service commercial.

Nous avons revu les rapports de maintenance d'Alstom, qui ne font pas du tout état du kilométrage des trains, sauf dans un document daté du 17 octobre 2019.

TNext a précisé que les cahiers rétrospectifs des voitures LINT 41 d'Alstom se trouvent dans l'IER existante et qu'ils sont mis à jour pour tenir compte des travaux effectués au quotidien. TNext a aussi précisé que l'on est en train d'enregistrer en continu les données sur la maintenance dans le système de gestion de la maintenance en voie de développement afin de tester cette interface.

Voici un extrait du relevé des problèmes de fiabilité (dans les rapports de Bombardier).

Tableau 4 : Extrait des problèmes de fiabilité (information en date du 17 octobre 2019)

Voitures	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kilométrage des voitures	410 295	363 582	395 484	367 058	401 177	398 350

Tableau 5 : Voitures LINT 41 d'Alstom – rapports de Bombardier

Équipement	Rapports	Problèmes
Système de freins à air	De 2017 à 2020	Défaillance du système de freinage et du séchoir en raison de la contamination par l'eau et l'émulsification de l'huile dans le compresseur d'air. Réponse d'Alstom/Knorr : Installer des séparateurs et des filtres supplémentaires. Remettre les freins à neuf.
Moteur	2020	Dilution du carburant et fuites des injecteurs
Boîtes de vitesse des essieux	2020	Long délai d'exécution pour les travaux de réparation en Allemagne.
CVC	2020	Défaillance répétitive des préchauffeurs, fuites des conduites et brides. Reconstruire tout le système.
Problèmes d'électricité	2020	Non-fiabilité des relais, des porte-fusibles et des nœuds, entre autres.
Bloc d'alimentation		
Refroidisseur de transmission	2017	Refroidisseur en aluminium corrodé à cause de la contamination par le cuivre dans le réfrigérant. On peut s'attendre à la défaillance de ce refroidisseur. Un refroidisseur en acier inoxydable permettra de résoudre ce problème.
Carrosserie de voiture des trains	De 2017 à 2020	Dommages causés par le sel et corrosion de la bordure en aluminium; trappe du moteur endommagée, ce qui cause des courts-circuits. Écaillage de la peinture du toit.

Intérieur des trains	De 2017 à 2020	Dégâts causés par le sel, calfeutrage du plancher endommagé, corrosion des structures des sièges, des armoires et de la partie inférieure des ranchers, peinture endommagée non loin des supports à vélo ou des points de rangement des fauteuils roulants. Sièges endommagés, mousse enlevée et boulons tombés à l'arrière des sièges.
-----------------------------	----------------	--

Recommandation MAI.04 Recommandation retranchée du rapport final, en raison de l'information très récente qui a été déposée

S'agissant des trains Stadler, nous n'avons pas pris connaissance de mesures spécifiques qui pourraient créer une différence de kilométrage afin d'éviter d'avoir à assurer la maintenance de tous les trains Stadler en même temps. Compte tenu des délais d'exploitation rapprochés et du nombre limité de trains de rechange, il est essentiel de prévoir une différence substantielle de kilométrage entre tous les trains Stadler (nivellement de la maintenance et espacement nécessaire) afin de s'assurer qu'on dispose d'un nombre suffisant de trains pour assurer le service.

Le programme des séquences d'essais est constitué de plusieurs phases pour démontrer que tout le système peut être mis en service. On pourrait faire appel à certains trains plus qu'à d'autres pour créer cette différence de kilométrage. Pour les différentes phases du programme de séquences d'essais, il est recommandé de préciser le train qui sera utilisé et le nombre prévu de kilomètres à parcourir, de manière à assurer la différence de kilométrage pour chacun des trains du parc de voitures.

Puisque la durée des séquences d'essai est courte, on peut faire appel à un calendrier spécial et à certains trains pour commencer à assurer le service commercial.

Recommandation MAI.05

Dans le programme des séquences d'essais, préparer un plan pour créer une différence de kilométrage entre les trains STADLER, ce qui évitera la situation dans laquelle la maintenance de tous les trains Stadler se déroulera en même temps.

10.2.6 SIGE et système de gestion

On est en train de mettre au point un logiciel sur mesure, qui est développé par SSG Insight Ltd. (et qui s'appelle Agility).

La surveillance du développement est assurée par un groupe de travail de la Ville.

Nous n'avons pas d'information sur l'état de préparation de ce logiciel, qui est essentiel pour programmer les tâches de maintenance et pour gérer les pièces de rechange et les articles consommables. Il est également essentiel de former le personnel. En cas de retard, il n'y a pas de solution de repli.

TNext a confiance dans le développement de ce logiciel et a fait savoir que le risque que ce logiciel soit retardé est faible. Les travaux de développement accusent du retard par rapport au calendrier (établi à l'origine en mai 2022), puisqu'ils ont été ralentis pour concorder avec la disponibilité et la séquence des essais de l'interface du système. Les experts de TNext considèrent que le SIGE devrait être prêt pour la période de formation. Ce logiciel est aussi utilisé sur la Ligne de la Confédération.

Recommandation MAI.06

La Ville devrait s'assurer que le calendrier et la formation du personnel tiennent compte du développement du logiciel de maintenance (Agility). Il faudrait une étape claire avec les IRC. En date d'aujourd'hui, il n'y a pas de solution de repli. C'est pourquoi nous recommandons que la Ville se concerte avec les différents intervenants (fournisseurs, équipes de construction et utilisateurs finaux) pour mettre au point une solution de repli dans l'éventualité où le SIGE n'est pas prêt à temps.

10.2.7 Obsolescence

On ne nous a pas donné d'information sur la gestion de l'obsolescence.

À la lumière de nos entrevues, il semble qu'il n'y a pas de plan de gestion de l'obsolescence du côté de l'équipe chargée de la maintenance, puisqu'on s'attend à ce que la gestion de l'obsolescence relève de la compétence des fournisseurs.

Le risque de ne pas gérer l'obsolescence et ses incidences sur le rendement peuvent devenir critiques à plus long terme.

Recommandation MAI.06

TNext devrait préparer un plan global de gestion de l'obsolescence, ainsi que la politique et les processus à appliquer par tous ses fournisseurs.

10.3 FORMATION

La formation a été lancée au milieu d'août 2022; on a commencé par donner la formation sur la maintenance des trains STADLER.

La mise en œuvre du plan de formation se déroulait au moment de l'entrevue. Le coordonnateur de la formation a été mobilisé par TNext. Les manuels de formation sont soumis au client, des ateliers se tiennent chaque mois avec des représentants de la Ville, et une réunion a lieu toutes les deux semaines avec les fournisseurs clés.

Malgré les échanges qui se déroulent à intervalles réguliers et même si la formation a été lancée, il reste encore certains points à résoudre, par exemple le calendrier de la formation, dont la Ville est en train de valider la version provisoire.

Il est essentiel de dégager rapidement un consensus pour assurer le succès de la mobilisation. D'après nos discussions avec TNext, on a cerné les sujets suivants :

- la définition des périmètres, des responsabilités et des attentes de tous les intervenants (Ville, OCT et TNext);
- la validation du calendrier de la formation (dont les heures correspondant à chaque séance de formation);
- la définition et la mise en œuvre du plan de certification;
- la disponibilité des règles opérationnelles à respecter pour les intégrer dans les séances de formation.

Recommandation FOR.01

Nous recommandons que la Ville et TNext s'entendent rapidement sur le calendrier et le contenu de la formation afin d'éviter de retarder la date de mise en service commercial.

TRILLIUM ÉTAPE 2

Coexamen indépendant
– Rapport final

APPENDICES

APPENDICE A

Documentation sur les intrants

Dénégation de responsabilité

La liste ci-jointe des documents a été communiquée par la Ville aux coexamineurs. Ces documents n'ont pas été entièrement vérifiés, revus, contrôlés, ni validés par les coexamineurs, qui ont plutôt consulté ces documents pour prendre connaissance de l'information spécifique qu'il leur fallait pour s'acquitter de leurs tâches dans le cadre de ce coexamen.



APPENDICE B

Liste des recommandations

Numéros	Recommandations ³
GP.01	Nous recommandons que la Ville et TNext « tracent une ligne dans le sable » et créent ouvertement un nouveau référentiel du projet, ainsi qu'un nouveau calendrier, un nouveau rapport mensuel avec des IRC explicites et communs et potentiellement certaines recommandations issues de ce rapport. Les deux parties doivent s'entendre sur ce nouveau référentiel, qui ne doit pas faire obstacle aux progrès à accomplir.
GP.02	Les leçons apprises dans le précédent projet et dans les projets ou produits comparables devraient être intégrées dans le développement de l'ingénierie du réseau de transport en commun de masse. Un document sur les leçons apprises se rapportant à ce projet, à ce système ou à ce produit devrait faire état des leçons apprises dans l'intérêt du projet en cours.
SGR.01	Pour les deux types de véhicules, nous recommandons de procéder aux essais sur le bruit intérieur et extérieur des véhicules dès que la longueur de la voie ferrée permettra de rouler en toute sécurité à 85 km/h et de freiner par la suite afin de mesurer le bruit intérieur et le bruit extérieur du côté de la voie à 25 m du train comme l'exigent les alinéas a) et b) de l'article 1.8 de la partie 8 de l'annexe 15 2 de l'AP.
SGR.02	Pour les voitures Stadler, simuler l'accumulation de verglas à concurrence de 3 mm sur les portes pour s'assurer que les ouvre-portes sont bien dimensionnés afin de respecter leur espérance de vie conformément aux alinéas d) i) de l'article 1.18 de la partie 8 de l'annexe 15 2 de l'AP.
SGR.03	Procéder à un démarrage à froid dans la mise à l'essai des voitures neuves (à la température minimum de la salle froide pour respecter les conditions environnementales de la Ville d'Ottawa) afin de simuler les véhicules garés la nuit pour s'assurer qu'ils peuvent démarrer sans difficulté.
SGR.04	La Ville devrait demander à TNext de confirmer que Stadler connaît cet essai et si on a procédé à l'essai résistif rotationnel des bogies ou à l'essai et à la simulation de la résistance au lacet des bogies
SGR.05	Modifier la procédure d'essai d'écartement afin de tenir compte de l'installation des caméras et du système de suivi de la position en temps réel du véhicule pour connaître le point d'impact exact entre le véhicule et tout obstacle dans les environs. (Recommandation retranchée)
SGR.06	Programmer les essais d'écartement des véhicules d'Alstom dans le tronçon nouveau et modifié de la ligne pour s'assurer qu'il n'y a pas de risque d'interférence entre les voitures LINT et le dégagement des passages. (Recommandation retranchée)*
SGR.07	La Ville devrait s'assurer que la compensation des roues est bien définie et comprise pour garantir que la hauteur des voitures respecte toujours la hauteur attendue du quai dans toutes les conditions d'exploitation et de prise en charge des passagers.
SRT.01	Nous recommandons d'ajouter l'essai du TFUG dans les procédures d'essai sur le site conformément à la condition du chapitre 6.1.2.1 de l'IEEE1474.1.
COM.01	Nommer un responsable pour le système de la structure globale afin de produire la documentation des systèmes (par exemple les notes d'autorisation).
COM.02	Établir une plateforme d'essai pour l'intégration et la validation des systèmes pour éviter de constater les premiers problèmes d'intégration sur le site.
COM.03	Produire un document décrivant les essais de validation des systèmes pour le système de la structure globale.
COM.04	Produire un document décrivant les essais d'intégration et de validation des systèmes pour l'ensemble des systèmes.
VOI.01	Produire un document décrivant les essais d'intégration et de validation des systèmes pour l'ensemble du système. (Recommandation retranchée)

³ La liste des recommandations comprend celles qui ont été retranchées dans le texte du document après avoir reçu les précisions de TNext par l'entremise de la Ville dans la foulée de la publication de la première version de ce rapport. Ces recommandations sont mises en évidence en gris pâle dans le tableau.

Numéros	Recommandations ³
VOI.02	Vérifier, pendant la construction des rails à attache directe (AD) que les différents relevés mentionnés dans la déclaration de la méthode de travail sont exécutés comme prévu. Confirmer que les essais mécaniques exécutés sur les attaches des rails à attache directe se sont déroulés dans des positions extrêmes (avec un calage maximum) et qu'ils ne donneront pas lieu à des restrictions, quelles qu'elles soient.
VOI.03	Confirmer que la traversée oblique de la station Limebank a été considérée dans l'analyse de l'interaction rail structure et que la poutrelle est fixée dans la zone de la culée pour restreindre les mouvements.
SAT.01	Il faudrait procéder à un examen détaillé de toute la documentation sur l'aération du tunnel afin de corriger toutes les incohérences et tous les écarts et de s'assurer que le bon plan de conception sera mis en œuvre conformément aux exigences de l'AP.
SAT.02	Nous recommandons de procéder à une analyse pour s'assurer que la température du tunnel n'atteint jamais la température de déclenchement du système de CVC des trains.
GIS.01	Il faudrait que TNext revoie et signe tous les documents que lui font parvenir ses sous-traitants. Il faudrait aussi revoir et approuver, pour l'exploitabilité (jauge, longueur et hauteur du quai et rendement des freins, entre autres) des voitures actuelles dans les tronçons du prolongement de la ligne, les documents portant sur les voitures LINT d'Alstom.
GIS.02	Nous recommandons de mettre en place un plan global de gestion de la configuration comme ligne de conduite à suivre par tous les acteurs du projet (notamment dans le champ d'intervention de la Ville) et par tous les participants afin d'avoir une vue d'ensemble cohérente de tous les éléments de la configuration, dont les logiciels, le matériel et les microgiciels.
GIS.03	Il faudrait établir la définition de ce qui constitue un système, un sous-système et des biens d'équipement du point de vue du système de transport en commun de masse (projet) et s'assurer que cette définition cadre avec la Structure de répartition du système et avec la Structure de répartition fonctionnelle, afin de donner une vue d'ensemble à tous les intervenants et copartenaires du projet.
GIS.04	Nous recommandons d'ajouter la norme EN 50500 et la norme ICNIRP dans le Plan de contrôle de la CEM afin de garantir que l'impact de la CEM/EMI sur la santé humaine dans les environnements ferroviaires est mesuré et respecte les cahiers des charges types.
GIS.05	Le document sur la protection contre la corrosion de la base de la conception doit être actualisé pour tenir compte de l'indicateur de la protection contre la corrosion du pont, en tenant compte de la conception de la voie ferrée.
GIS.06	Le document sur la protection contre la corrosion de la base de la conception doit être actualisé pour tenir compte de l'indicateur de la protection contre la corrosion du pont, en tenant compte de la conception de la voie ferrée.
AS.01	Il faudrait procéder à un examen de l'ensemble des activités de FDM dans le cycle chronologique du modèle V pour s'assurer que ces activités se déroulent dans les bonnes phases du projet. TNext devrait aussi décrire les moyens de traiter les constatations portant sur la FDM dans les travaux de conception et de maintenance.
AS.02	TNext devrait réviser l'APR pour que cette analyse cadre avec la terminologie de la norme EN 50126-2:2017 et procéder à un examen complet de tous les risques et de toutes les mesures de maîtrise des risques en tenant compte de tous les scénarios, en justifiant la dégradation du niveau de sévérité, de même que les cas dans lesquels certains biens d'équipement ne sont pas évalués. Si ce travail n'est pas fait, il se pourrait qu'on ne puisse pas maîtriser certains risques pour la sûreté. Il faudrait présenter dans le Plan d'assurance de la sûreté, plutôt que dans le rapport sur l'APR, la matrice de sévérité des risques, la matrice de probabilité des risques, ainsi que la matrice de criticité des risques.
AS.03	TNext devrait faire état de l'autonomie, des pouvoirs et de l'indépendance, ainsi que de la gestion des compétences de l'équipe chargée de la FDM. Il se pourrait qu'on doive présenter la modification ou la mise à jour de l'organigramme pour respecter parfaitement la norme EN 50126-1:2017.
AS.04	Il faudrait définir et utiliser uniformément, dans toute la documentation de TNext, ainsi que dans la documentation des sous-traitants, pour éviter toute ambiguïté, les termes de la FDMS comme MTBF et MTBSAF ou « disponibilité des services » et « disponibilité ». Dans les documents, il faudrait expliquer clairement comment on a établi le TMDP de chaque sous-système, en précisant la base de données

Numéros	Recommandations ³
	consultée pour la fiabilité ou en indiquant si on s'en est remis aux résultats techniques de l'expérience dans le calcul de cet indicateur.
AS.05	Il faudrait exprimer les formules de calcul de la fiabilité et de la disponibilité et les adapter au profil de la mission ou au mode opératoire de chaque système, sous-système ou bien d'équipement. La fonction de FDM devrait être attribuée à l'URP et paraître dans le rapport de l'affectation de la FDM.
AS.06	TNext devrait procéder à une analyse des défaillances dont les causes sont communes et en faire état dans un rapport spécifique portant sur les défaillances systématiques afin de s'assurer que les événements de l'analyse arborescente des défauts sont vraiment indépendants.
AS.07	TNext devrait préciser le processus de collecte et d'analyse des données sur le terrain se rapportant à la FDMS en expliquant l'information qui sera recueillie, surveillée, comment elle le sera, puis en précisant le processus d'analyse, ainsi que la définition et la mise en œuvre du plan d'action.
AS.08	TNext devrait préciser l'approche adoptée pour réduire les risques liés à la sûreté et les risques liés à la FDM en s'en remettant à la norme EN 50126:2017.
AS.09	TNext devrait présenter, dans un document spécifique, le principe et le processus de l'analyse des lacunes pour les produits réutilisés, déjà certifiés ou non. Dans ce document, TNext devrait préciser les moyens grâce auxquels elle gère les périmètres fonctionnels et les interfaces fonctionnelles entre le parc de voitures originel et le parc de voitures adapté au projet (le cas échéant). Cette recommandation s'applique aussi au SSRT, qui n'est pas conforme aux exigences du CCDP du point de vue de la conformité au Code.
AS.10	TNext devrait assurer la traçabilité formelle entre les normes de CENELEC et ses plans, ainsi que les autres résultats et activités de l'AS, afin de démontrer qu'elle respecte ces normes. Cette question est essentielle pour donner confiance dans le processus et dans les résultats.
CON.01	TNext devrait mettre au point une méthode pour vérifier, après le bétonnage, le positionnement adéquat de la couverture de béton de l'acier d'armature des structures.
EMS.01	Il faudrait mettre en place un plan d'essai clair pour l'intégration en usine et dresser une liste exhaustive des essais à mener en usine, ainsi que des critères de réussite clairs afin de réduire le nombre de problèmes à constater sur le site.
EMS.02	TNext devrait établir un calendrier complet et intégré, faisant état de tous les liens d'interdépendance et de toutes les interfaces entre les systèmes, ainsi que d'une feuille de route claire à suivre pour le rendement des essais d'intégration du système. Ce calendrier devrait comprendre un ensemble d'IRC et un tableau de bord permettant de suivre attentivement, chaque semaine ou toutes les deux semaines au mieux, les progrès accomplis dans les essais de chaque secteur d'activité, en plus de faire état des points de blocage et de les porter à la connaissance des responsables pour résoudre rapidement les problèmes.
EMS.03	TNext devrait prévoir un plan d'essai pour vérifier le rendement du système durant l'hiver.
EMS.04	TNext devrait adopter un ensemble d'exigences opérationnelles minimums dérivées de l'exigence de 98,5 % du rendement et réviser son analyse de la FDM pour attribuer l'exigence correspondant au rendement à chacun des systèmes, des sous-systèmes et des biens d'équipement et à chacune des fonctions.
EMS.01	Examiner l'analyse des PHPD prévus en 2031 et 2048, en tenant compte de la marge minimum et du parc effectif de trains pour savoir s'il est nécessaire d'apporter des améliorations afin d'atteindre le nombre de PHPD prévu pour 2048.
SPO.02	Il faudrait se pencher sur l'option qui consiste à commander un huitième train Stadler afin de réduire le risque de dégradation des opérations en raison de la maintenance non planifiée des nouveaux trains Stadler.
SPO.03	Compte tenu de l'achalandage prévu, simuler la marge minimum réalisable sur la ligne pour avoir une vue d'ensemble de la marge disponible en cas d'interruption.
SPO.04	Appliquer un délai d'exécution d'au moins cinq minutes à la station South Key pour les trains de la Liaison aéroportuaire.

Numéros	Recommandations ³
OPS.05	Afin d'améliorer l'exactitude des procédures opérationnelles et d'avoir une meilleure idée de la robustesse de l'exploitation de la ligne, nous recommandons de mener des simulations stochastiques en faisant appel à des incidents plus proches de la réalité, par exemple : le problème technique des portières à la station sur la ligne principale (train bloqué pendant une durée de 10 à 15 minutes); un passager malade et inconscient dans un train (20 minutes pour attendre les services d'urgence); et ainsi de suite.
MAI.01	Compte tenu de la pénurie de ressources compétentes au Canada, nous recommandons que TNext produise un plan de mobilisation de la maintenance, ainsi qu'un calendrier clair et des IRC à appliquer afin de prévoir les problèmes éventuels.
MAI.02	Il faudrait publier rapidement le document sur le concept de maintenance afin de s'assurer que la mobilisation et la formation de l'équipe de la maintenance cadrent avec les besoins de la Ligne Trillium avant la date de la mise en service commerciale. (Recommandation retranchée)
MAI.03	La Ville devrait s'assurer qu'il existe un calendrier consacré à la maintenance et que ce calendrier est à la disposition de TNext; ce calendrier devrait faire état de toutes les grandes étapes dans le déploiement des activités de maintenance et être intégré dans le calendrier du projet, en plus de préciser clairement les étapes à franchir.
MAI.04	Dans le programme de séquençage des essais, préparer un plan afin de créer une différence de kilométrage entre les trains STADLER pour éviter que tous fassent par la suite l'objet d'une intervention de maintenance en même temps. (Recommandation retranchée)
MAI.05	La Ville devrait s'assurer que le calendrier et la formation du personnel tiennent compte du développement du logiciel de maintenance (Agility). Il faudrait une étape claire avec les IRC. En date d'aujourd'hui, il n'y a pas de solution de repli. C'est pourquoi nous recommandons que la Ville se concerte avec les différents intervenants (fournisseurs, équipes de construction et utilisateurs finaux) pour mettre au point une solution de repli dans l'éventualité où le SIGE n'est pas prêt à temps.
MAI.06	TNext devrait préparer un plan global de gestion de l'obsolescence, ainsi que la politique et les processus à appliquer par tous ses fournisseurs.
TRA.01	Nous recommandons que la Ville et TNext s'entendent rapidement sur le calendrier et le contenu de la formation afin d'éviter de retarder la date de mise en service commercial.

APPENDICE C

Liste des questions et des réponses
résiduelles

Dénégation de responsabilité

Ce tableau est un outil de travail de l'équipe de coexamineurs : il est joint au rapport de coexamen pour les besoins de la traçabilité seulement.





LA CONFIANCE TRANSPORTE LE MONDE



140, rue Yonge, bureau 301
Toronto (Ontario) M5C 1X6
systracanada.com