



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



Rapport d'enquête sur des questions de sécurité ferroviaire R16H0002

**ACCROÎTRE L'USAGE
D'ENREGISTREURS AUDIO-VIDÉO
DE LOCOMOTIVE AU CANADA**

19 septembre 2016

Canada 

Bureau de la sécurité des transports du Canada
Place du Centre
200, promenade du Portage, 4e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741
1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst-tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2016

Rapport d'enquête sur des questions de sécurité ferroviaire R16H0002

No de cat. TU3-9/16-0002F-PDF
ISBN 978-0-660-06228-0

Le présent rapport se trouve sur le site Web
du Bureau de la sécurité des transports du Canada
à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a mené cette étude dans le but d'améliorer la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête sur des questions de sécurité ferroviaire R16H0002

Accroître l'usage d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive au Canada

Préface

En mai 2015, en vertu de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*, le Bureau de la sécurité des transports du Canada a entamé une enquête sur des questions de sécurité de catégorie 4 (étude de sécurité) sur l'usage d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive. Transports Canada et des intervenants clés du secteur ferroviaire ont été invités à y participer. L'étude a permis de repérer des pratiques exemplaires, de cerner et d'évaluer des problèmes de mise en œuvre, d'examiner des avantages potentiels pour la sécurité d'un recours accru aux enregistreurs de bord et de recueillir l'information contextuelle nécessaire pour dresser un plan d'action sur l'utilisation d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive.

This report is also available in English.

Résumé

L'enjeu des enregistreurs vidéo et de la parole de bord figure sur la Liste de surveillance du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) depuis 2012. À l'heure actuelle, il n'existe aucune exigence sur l'enregistrement des communications et interactions des équipes dans les cabines de locomotives. Or, des données objectives sont extrêmement utiles aux enquêteurs : elles les aident à comprendre la chronologie des faits menant à un accident et à cerner les problèmes opérationnels et de facteurs humains, y compris ceux qui pourraient nuire au rendement d'une équipe. L'utilisation proactive d'enregistreurs dans le cadre d'un système de gestion de la sécurité permet de recueillir de l'information qui peut également être très utile pour repérer et atténuer des risques avant que survienne un accident.

En mai 2015, en vertu de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*, le Bureau de la sécurité des transports du Canada a entrepris une étude de sécurité de catégorie 4¹ sur l'usage d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive. Transports Canada (TC)² et des intervenants clés du secteur ferroviaire ont été invités à y participer. L'objectif de l'étude était d'évaluer, à petite échelle, la technologie actuelle, les enjeux législatifs et réglementaires, les facteurs opérationnels et humains, et les avantages potentiels pour la sécurité d'un recours accru aux enregistreurs de bord. Les intervenants clés ont pu discuter franchement de l'utilisation à bon escient de cette technologie et de la façon de concilier les perspectives divergentes sur son utilisation dans divers aspects de sa mise en œuvre.

On a noté des observations déterminantes pour chaque type d'évaluation, qui se résument comme suit :

Évaluation de la technologie

À titre d'essai, on a installé des enregistreurs audio-vidéo à bord de certaines locomotives en service au Canada. Les essais ont permis de cerner les enjeux technologiques relatifs à

¹ Une enquête de catégorie 4 du BST porte sur des événements multiples ou sur un enjeu de sécurité particulier qui, de l'avis du Bureau, témoignent de situations ou de conditions dangereuses graves. Ces situations font l'objet d'une enquête sur les questions de sécurité : 1) s'il est fort probable que cela améliorera la sécurité des transports au Canada en diminuant les risques auxquels sont exposés les personnes, les biens ou l'environnement; ou 2) si le Bureau est d'avis que le public s'attend dans une très large mesure à une analyse indépendante du BST sur une question de sécurité précise.

² TC a aidé à définir la portée du projet et le plan de travail. Le ministère a également participé activement à tous les volets de l'étude, y compris aux travaux du groupe de travail et des sous-groupes.

l'implantation d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive (EAVL). Même si certaines installations expérimentales avaient des caractéristiques système semblables, les résultats de l'évaluation montrent que les compagnies ont utilisé toutes sortes de technologies afin de découvrir la meilleure façon de concrétiser les avantages pour la sécurité. Les leçons apprises sur l'usage d'enregistreurs de bord dans les modes de transport aérien et maritime servent de point de départ au développement de cette technologie pour le secteur ferroviaire.

Évaluation du contexte législatif et réglementaire

Toutes les parties concernées avaient une opinion sur les questions juridiques et les droits des employés afférents à l'usage de EAVL. Une de ces préoccupations était que l'usage d'enregistreurs de bord pourrait empiéter sur la vie privée et les droits des employés en vertu de la *Charte canadienne des droits et libertés*. Pour prévenir cet empiètement, on a avancé qu'il serait nécessaire d'établir des lignes directrices et des modalités d'utilisation des EAVL, et que cela pourrait le mieux se faire dans le cadre d'une « culture juste³ ». Le succès de l'implantation de la technologie EAVL dépendra de l'atteinte du bon équilibre entre les droits et obligations des différents intervenants clés.

Évaluation des facteurs humains et opérationnels

On a évalué la mesure dans laquelle 3 types de systèmes d'enregistrement (vidéo seulement, audio seulement, et vidéo/audio) peuvent servir à cerner l'information sur les aspects opérationnels et sur les facteurs humains. On a relevé des exemples évidents de problèmes liés à des facteurs opérationnels et à des facteurs humains, et validé le potentiel d'utilisation de cette technologie. En particulier, les conclusions suivantes ont été notées pour ces types de systèmes d'enregistrement :

- Enregistreurs audio seulement : Les données audio, combinées aux données vidéo d'une caméra orientée vers l'avant, procurent une quantité notable de renseignements sur l'utilisation que fait l'équipe de nombreuses commandes de la locomotive, ainsi que de ses réactions aux signaux externes de contrôle des trains et aux alarmes sonores.
- Enregistreurs vidéo seulement : La qualité et la couverture (angles de vue, champ de vision) du système influent sur la capacité des observateurs d'évaluer les facteurs opérationnels et humains (p. ex., interaction des membres de l'équipe). Un système offrant l'image la plus complète et la plus directe des membres de l'équipe est le plus efficace.
- Enregistreurs audio-vidéo : Il est important que la technologie soit d'une qualité convenable pour produire de façon fiable des enregistrements nets. Il s'agit de la meilleure option pour évaluer les facteurs opérationnels et humains du comportement des équipes.

³ James Reason entend par « culture juste » [traduction] « une atmosphère de confiance où on encourage, voire récompense les personnes qui donnent de l'information essentielle à la sécurité, mais où on leur fait nettement comprendre la différence entre un comportement acceptable et inacceptable ». J. Reason, *Managing the Risks of Organisational Accidents* (Ashgate Publishing, 1997).

Ces résultats montrent qu'avec la bonne combinaison de technologies d'enregistrement, les EAVL peuvent servir à deux fins : fournir des données pour les enquêtes sur des accidents, et cerner de façon proactive les conditions dangereuses qui pourraient mener à des incidents et à des accidents.

Évaluation des avantages pour la sécurité

Dans le cadre de cette étude de sécurité, on a exploré les utilisations potentielles suivantes des enregistrements de EAVL :

- comprendre les opérations dans les cabines de locomotives pour repérer les conditions dangereuses et améliorer l'environnement d'exploitation;
- orienter le changement de comportement;
- repérer et récompenser les meilleures pratiques;
- cerner les comportements risqués, et ensuite éduquer, former et établir des procédures;
- envisager des mesures disciplinaires progressives;
- accroître la sécurité et la sûreté des équipes de conduite.

À partir de ces discussions et d'évaluations connexes des facteurs opérationnels et humains, on a déterminé que la technologie EAVL pouvait aider à améliorer la sécurité. Toutefois, de profonds désaccords persistent parmi les intervenants sur la façon d'implanter cette technologie d'une manière qui maintienne et protège les droits et obligations de toutes les parties concernées. Comme meilleures suggestions pour y parvenir, on note la participation à la planification de l'implantation, l'établissement de procédures pour protéger les individus et l'utilisation dans le cadre d'une culture juste.

L'étude indique certaines pratiques exemplaires, cerne et évalue des problèmes d'implantation, et présente de l'information contextuelle utile à l'élaboration d'un plan d'action pour implanter les EAVL. Les intervenants du secteur ferroviaire s'entendent sur la valeur fondamentale de ce type de données. Cependant, plusieurs opinions divergentes persistent sur l'utilisation à bon escient des EAVL. Si on parvenait à concilier ces différentes perspectives, l'implantation de cette technologie pourrait apporter au secteur ferroviaire des avantages considérables pour la sécurité.

Une fois cette étude sur les EAVL achevée, les mesures ci-après seront prises :

- Le rapport final sera distribué aux intervenants clés dans les 4 modes de transport : aérien, maritime, ferroviaire et par pipeline.
- Le BST amorcera des discussions avec TC sur les prochaines étapes pour implanter les EAVL et sur le recours accru aux enregistreurs de bord dans tous les modes de transport.

Table des matières

1.0	Introduction	1
1.1	Portée et objectifs de l'étude	2
1.2	Enregistreurs de données dans le secteur du transport.....	3
1.2.1	Enregistreurs de données pour les enquêtes sur la sécurité.....	3
1.2.2	Recours accru aux enregistrements de bord.....	4
1.3	Enquêtes récentes du Bureau de la sécurité des transports et faits nouveaux au Canada sur les enregistreurs de bord	6
1.4	Enquêtes récentes du NTSB et faits nouveaux aux États-Unis concernant les enregistreurs de bord.....	8
2.0	Méthodologie d'évaluation de l'étude de sécurité.....	11
2.1	Évaluation de la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive	11
2.2	Examen des dispositions législatives et réglementaires s'appliquant aux enregistreurs de bord.....	11
2.3	Évaluation des facteurs humains et opérationnels à partir d'enregistrements de bord	12
2.3.1	Cadre méthodologique.....	12
2.3.2	Procédure d'évaluation de l'examen des enregistrements de bord	15
2.4	Évaluation des avantages des enregistrements de bord pour la sécurité	16
3.0	Résultats et observations.....	19
3.1	Résultats de l'évaluation de la technologie	19
3.1.1	Enregistreurs de bord dans les modes de transport aérien et maritime.....	19
3.1.2	Expérience de la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive aux États-Unis.....	22
3.1.3	Technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive installée pour les projets pilotes canadiens	22
3.2	Résultats de l'évaluation du contexte législatif et réglementaire	25
3.2.1	Lois et règlements canadiens	26
3.2.2	Lois et règlements aux États-Unis.....	31
3.2.3	Normes et pratiques recommandées dans d'autres pays.....	32
3.2.4	Contestations de la surveillance en milieu de travail.....	35
3.2.5	Obligations et droits d'un employeur relativement aux enregistrements en milieu de travail.....	38
3.3	Résultats de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels.....	39
3.3.1	Détermination des comportements liés à des enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité	40
3.3.2	Détermination des comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité.....	42
3.4	Résultats de l'évaluation des avantages pour la sécurité	47
3.4.1	Gestion proactive de la sécurité	48
3.4.2	Conciliation des opinions.....	53
4.0	Conclusions	58

4.1	Conclusions sur la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive	58
4.1.1	Expérience préalable des enregistrements de bord	58
4.1.2	Défis technologiques de la collecte de données	59
4.1.3	Effets de la technologie sur l'analyse des données	60
4.2	Conclusions de l'évaluation du contexte législatif et réglementaire	61
4.3	Conclusions de l'évaluation au sujet des facteurs humains et opérationnels	62
4.3.1	Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements audio.....	63
4.3.2	Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements vidéo.....	63
4.3.3	Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements vidéo et audio.....	64
4.4	Conclusions de l'évaluation des avantages pour la sécurité.....	65
5.0	Prochaines étapes	67
	Annexes	68
	Annexe A - Principes directeurs de l'étude de sécurité.....	68
	Annexe B - Facteurs humains et opérationnels : Liste de contrôle pour l'évaluation des enregistrements de bord.....	70
	Annexe C - Technologie : Utilisation des enregistreurs audio-vidéo de locomotive aux États-Unis.....	79
	Annexe D - Technologie : Résumé des enjeux technologiques.....	83
	Annexe E - Schémas et configuration des enregistreurs de bord	97
	Chemin de fer A (audio seulement).....	97
	Chemin de fer B (vidéo seulement).....	99
	Chemin de fer C (vidéo seulement)	99
	Chemin de fer D (vidéo/audio).....	101
	Annexe F - Liste partielle des lois et règlements régis par Transports Canada ou par son entremise qui pourraient devoir être modifiés	103
	Annexe G - Facteurs humains et opérationnels : Résultats des évaluations.....	104
	Résultats des évaluations du chemin de fer A (audio seulement).....	104
	Résultats des évaluations du chemin de fer B (vidéo seulement).....	109
	Résultats des évaluations du chemin de fer C (vidéo seulement)	115
	Résultats des évaluations du chemin de fer D (vidéo/audio).....	120
	Annexe H - Étude du Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire sur les enregistreurs vidéo et de la parole à bord des locomotives (2012)	129
	Coûts 129	
	Avantages	130
	Annexe I - Lexique	131

1.0 Introduction

L'enjeu des enregistreurs vidéo et de la parole (« enregistreurs de bord⁴ ») figure sur la Liste de surveillance du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) depuis 2012. À l'heure actuelle, il n'existe aucune exigence sur l'enregistrement des communications et interactions des équipes dans les cabines de locomotives. Or, des données objectives sont extrêmement utiles aux enquêteurs : elles les aident à comprendre la chronologie des faits menant à un accident et à cerner les problèmes opérationnels et de facteurs humains, y compris ceux qui pourraient nuire au rendement d'une équipe. Outre leur valeur pour les enquêtes sur les accidents, ces enregistreurs présentent une valeur potentielle pour la sécurité lorsqu'ils sont utilisés en gestion proactive de la sécurité.

Le BST constate avec satisfaction que les intervenants du secteur ferroviaire s'accordent sur la valeur fondamentale de ce type de données. Il espère que les divergences d'opinions qui persistent pourront être résolues afin de permettre l'utilisation d'enregistreurs audio-vidéo de locomotive comme source d'information fiable pour les enquêtes et pour la gestion proactive de la sécurité. Le BST est déterminé à collaborer avec Transports Canada (TC)⁵ et le secteur ferroviaire pour aplanir les obstacles législatifs et permettre cette utilisation.

Après l'accident en 2012 entre un train de voyageurs de VIA Rail Canada Inc. (VIA) près de Burlington (Ontario)⁶, le secteur ferroviaire a mis en œuvre plusieurs initiatives pour progresser en ce sens. En fait partie une étude réalisée en 2012 par le Groupe de travail du Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire (CCSF) sur les enregistreurs de conversations et les enregistreurs vidéo à bord des locomotives⁷. Plus récemment, des compagnies de chemin de fer ont entrepris des études et proposé des essais d'enregistreurs audio-vidéo (EAVL), dont le projet pilote du Canadien National (CN) aux États-Unis et le projet pilote de VIA sur les enregistreurs audio. Aux États-Unis, la Federal Railroad Administration (FRA) et l'Association of American Railroads (AAR) ont aussi lancé divers projets. De plus, certains fabricants de matériel ont pris l'initiative de mettre au point des systèmes et de l'équipement d'enregistrement de bord qui sont ou qui peuvent être reliés à d'autres enregistreurs de locomotive (p. ex., caméras orientées vers l'avant et consignateurs d'événements de locomotive [CEL]).

⁴ « Enregistreur de bord » est un terme générique qui peut désigner un dispositif produisant des enregistrements audio ou vidéo. Quoique les identifiants et acronymes puissent varier d'un pays à l'autre, tous s'accordent sur l'utilité de ces enregistreurs : promouvoir la sécurité en favorisant une meilleure compréhension des événements de tous genres.

⁵ Voir la liste d'abréviations, sigles et acronymes à l'annexe I.

⁶ Rapport d'enquête ferroviaire R12T0038 du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST), Déraillement en voie principale du train de voyageurs numéro 92 exploité par VIA Rail Canada Inc., au point milliaire 33,23 de la subdivision d'Oakville du Canadien National à Aldershot (Ontario), le 26 février 2012 (publié le 10 juin 2013).

⁷ Transports Canada, Rapport final Groupe de travail du Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire sur les enregistreurs de conversations et les enregistreurs vidéo à bord des locomotives (Ottawa, décembre 2012), <https://www.tc.gc.ca/fra/securiteferroviaire/elsf-915.htm> (dernière consultation le 19 juillet 2016).

Menée en tant qu'enquête de catégorie 4 du BST en vertu de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports (Loi sur le BCEATST)*, la présente étude de sécurité a été entreprise en mai 2015 pour examiner l'implantation de EAVL au Canada. L'étude de sécurité sur les EAVL a été menée en collaboration avec TC et avec la participation de plusieurs intervenants clés du secteur ferroviaire, dont :

- l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC), qui représentait les intérêts généraux du secteur ferroviaire, y compris les intérêts particuliers des chemins de fer membres qui n'ont pas pris part à l'étude (p. ex., les chemins de fer d'intérêt local);
- le CN, le Chemin de fer Canadien Pacifique (CP) et VIA, qui représentaient les intérêts des grands chemins de fer;
- GO Transit, qui représentait les intérêts des chemins de fer de banlieue;
- la Conférence ferroviaire de Teamsters Canada (Teamsters), qui représentait les intérêts de la main-d'œuvre ferroviaire.

1.1 *Portée et objectifs de l'étude*

Cette étude fournit de l'information sur la technologie, les avantages pour la sécurité, les meilleures pratiques opérationnelles et les aspects juridiques des EAVL. L'étude avait pour objectifs particuliers :

- de documenter les pratiques opérationnelles employées durant les essais en cours pour favoriser une utilisation maximale de l'information enregistrée, tout en garantissant la confidentialité et la sécurité de l'information;
- de cerner les aspects essentiels de la technologie qui doivent être en place pour garantir que l'équipement est suffisamment fiable, qu'il fournisse l'information voulue et qu'il conserve l'information dans un format facilement utilisable par toutes les parties autorisées;
- d'examiner les résultats des implantations pilotes de la technologie, y compris pour déterminer l'information de sécurité qu'on peut obtenir au moyen de cette technologie;
- de résumer les aspects juridiques, réglementaires et de protection de la vie privée de l'initiative afin de permettre la prise de décisions éclairées sur le cadre juridique le plus approprié pour l'implantation;
- de résumer les opinions sur l'utilisation à bon escient.

En définissant la portée de la présente étude, on a pris en compte les limites et les enjeux suivants :

- Les projets pilotes sur l'usage des EAVL comprenaient les essais entrepris par des exploitants simultanément à la présente étude. Certains de ces essais comprenaient des opérations aux États-Unis. La technologie évaluée se limitait aux systèmes qui avaient été implantés par les chemins de fer participants. L'établissement d'une norme sectorielle ne faisait pas partie des objectifs de cette étude.
- L'examen du contexte juridique s'est limité à repérer et résumer des thèmes déterminants plutôt qu'analyser la jurisprudence dans le détail.

- L'examen des facteurs opérationnels et humains s'est limité à l'évaluation d'un échantillon d'enregistrements de bord de chaque chemin de fer afin de déterminer l'efficacité de la technologie et le type d'information de sécurité qu'on peut en retirer. Les principes directeurs régissant ces évaluations figurent à l'annexe A.

En somme, la portée de la présente étude de sécurité visait à jeter de solides bases pour l'avenir, y compris en cernant d'éventuels écueils opérationnels et technologiques, et à offrir aux participants des occasions de discuter franchement des enjeux opérationnels et de vie privée.

1.2 *Enregistreurs de données dans le secteur du transport*

1.2.1 *Enregistreurs de données pour les enquêtes sur la sécurité*

Dans le transport aérien, les enregistreurs de données de vol (FDR) sont obligatoires depuis le début des années 1960⁸, et les enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR), depuis 1964. Dans le transport maritime, l'Organisation maritime internationale (OMI) exige depuis 2002 l'usage d'enregistreurs des données du voyage (VDR), qui enregistrent la parole, des données paramétriques et les images radar⁹. Les données recueillies par ces types d'enregistreurs ont fourni des renseignements essentiels sur les opérations avant et durant un accident. Sans ces enregistrements, de nombreux manquements à la sécurité auraient été difficiles à constater ou n'auraient tout simplement pas été repérés.

Dans le mode ferroviaire, les CEL enregistrent des paramètres critiques sur l'exploitation et la marche du train. Comme les FDR et les VDR, les CEL fournissent des renseignements sur certaines actions du conducteur. Ces renseignements sont essentiels aux enquêtes sur les accidents. À l'heure actuelle, aucun pays n'exige l'installation d'enregistreurs audio-vidéo dans les cabines de locomotives. Dans le secteur ferroviaire, comme dans les secteurs aérien et maritime, les entreprises doivent prendre en considération l'interopérabilité transfrontalière afin d'assurer l'uniformité dans leurs activités. Voilà qui mène souvent à l'adoption d'approches similaires relativement à la réglementation et aux règles.

Dans les modes aérien et maritime, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et l'OMI établissent des lignes directrices et des normes spécifiques sur la technologie et sur l'utilisation des renseignements recueillis. Dans le secteur ferroviaire cependant, il n'existe aucune organisation internationale pouvant prescrire ou recommander des obligations et des pratiques relatives à cette technologie.

À l'instar du mode ferroviaire, le secteur de l'aviation n'exige toujours pas l'utilisation de CVR. Toutefois, diverses agences d'enquête sur les accidents de transport, dont le National Transportation Safety Board (NTSB) aux États-Unis, ont fait des recommandations sur ces

⁸ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), annexe 6 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Exploitation technique des aéronefs.

⁹ Organisation maritime internationale (OMI), Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), chapitre V, règle 20.

enregistreurs¹⁰. Certains constructeurs (ou des exploitants) d'aéronefs/hélicoptères ont volontairement installé des enregistreurs vidéo.

1.2.2 *Recours accru aux enregistrements de bord*

Les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) des compagnies exigent la collecte et l'analyse des données soit à titre réactif (après un événement), soit à titre proactif (dans le cadre du repérage continu des dangers ou de l'évaluation des mesures d'atténuation des dangers). Les éléments déclencheurs d'une collecte de données de sécurité peuvent comprendre des activités reconnues comme posant un risque plus élevé, de nouvelles activités, et des activités ou des endroits désignés par une analyse des tendances.

Pour les compagnies de transport, la surveillance des opérations constitue un important processus de sécurité proactif. Quoique la surveillance ne s'y limite pas nécessairement, elle se concentre souvent sur le travail d'employés qui occupent des postes essentiels à la sécurité, étant donné les avantages évidents pour la sécurité. La surveillance est un outil qui permet à une compagnie de déterminer si elle atteint ses objectifs de sécurité et si les mesures de sécurité qu'elle prend ont l'effet souhaité, et d'être aux aguets de nouveaux dangers. Les données recueillies peuvent servir à diverses fins : compiler des statistiques sur la sécurité; reconnaître le besoin de modifier la conception d'un système; comprendre comment mieux assurer l'adhésion aux règles. L'utilisation faite des données de sécurité dépend du type de danger en cause et de la façon dont une compagnie prévoit y parer.

Les compagnies de chemin de fer recueillent des données de sécurité à titre proactif de diverses façons :

- le signalement volontaire des dangers par les employés;
- la surveillance radio;
- les observations en voie et aux triages;
- des parcours en ligne pour des opérations de gestion du rendement ou des contrôles d'efficacité;
- la surveillance automatisée du matériel;
- l'analyse des renseignements des CEL;
- l'analyse des résultats des examens au titre des normes de compétence des employés ferroviaires.

Ces données peuvent fournir différents éclaircissements sur les pratiques d'exploitation des employés. Chaque méthode de collecte de données présente son propre profil coûts-avantages. Par exemple, les parcours en ligne pour des opérations de gestion du rendement ou des contrôles d'efficacité permettent aux superviseurs d'observer directement les conditions d'exploitation et les actions de l'employé. Ces mesures et contrôles peuvent aider à cerner les causes de comportements dangereux. Par contre, cette méthode est relativement

¹⁰ Recommandations de sécurité A-99-59, A-99-60 et A-03-62 du National Transportation Safety Board (NTSB).

coûteuse, et exige beaucoup de temps du superviseur. De plus, il se peut que le comportement observé d'un employé ne corresponde pas à son comportement habituel lorsque personne ne l'observe.

L'usage de EAVL pourrait être approprié dans les cas où il serait impossible, au moyen des méthodes courantes, de collecter de façon efficace et efficiente l'information de sécurité nécessaire au SGS. Il existe d'autres nouvelles possibilités de collecte de données de sécurité, y compris l'enregistrement des communications radio et la télésurveillance des locomotives. En outre, l'analyse de sources de données existantes, y compris celles des CEL, peut offrir des éclaircissements sur le rendement du conducteur¹¹. La méthode de collecte à privilégier dépend de l'efficacité, de l'efficacité, des coûts et des considérations de protection de la vie privée.

La technologie d'enregistrement audio et vidéo évolue constamment. Sa grande disponibilité et son bas prix ouvrent de nouvelles possibilités dans tous les modes de transport pour ceux qui ont besoin de données liées à l'observation, la documentation et l'évaluation du comportement d'une personne aux commandes dans des situations réelles. Récemment, des études universitaires naturalistes sur la conduite^{12, 13} ont exploité des enregistrements audio, vidéo et de données sur la marche du véhicule pour observer discrètement les opérations de tous les jours. En évaluant le comportement d'un conducteur en situation réelle, on peut mieux comprendre les conditions qui mènent à des gestes dangereux et à des conditions dangereuses.

Les constatations suivantes se dégagent de l'expérience récente de ce type de collecte de données vidéo et audio :

- Cette approche représente une amélioration par rapport aux anciennes méthodes d'observation du rendement d'un conducteur, où souvent des chercheurs qualifiés accompagnent les participants à une étude ou des superviseurs prennent place à côté de conducteurs et notaient les comportements observés.
- Les anciennes méthodes ne permettent de collecter que certains renseignements et peuvent comporter des limites, par suite des attentes particulières ou de la partialité d'un observateur, ou de l'influence que la présence physique d'un observateur peut exercer sur le comportement des participants. Autre limite possible : le préjugé de confirmation, faisant que l'observateur interprète subjectivement un comportement pour étayer des hypothèses préalables.

¹¹ J. Dorrian, F. Hussey et D. Dawson, « Train driving efficiency and safety: examining the cost of fatigue », *Journal of Sleep Research*, vol. 16, n° 1 (2007), p. 1-11.

¹² AAA Foundation for Traffic Safety, *Using Naturalistic Driving Data to Assess Vehicle-to-Vehicle Crashes Involving Fleet Drivers* (juin 2015), <https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/2015FleetStudy.pdf> (dernière consultation le 25 mai 2016).

¹³ AAA Foundation for Traffic Safety, *Using Naturalistic Driving Data to Assess the Prevalence of Environmental Factors and Driver Behaviors in Teen Driver Crashes* (mars 2015), <https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/2015TeenCrashCausationReport.pdf> (dernière consultation le 25 mai 2016).

- L'autoévaluation subjective par la personne aux commandes d'un véhicule est une autre méthode d'étude du comportement. Toutefois, son utilité peut être limitée, surtout en cas de tendance à autodéclarer uniquement les comportements de nature à être perçus positivement.
- La mise en œuvre des EAVL est censée concrétiser, dans le secteur ferroviaire, les avantages constatés dans les études universitaires, en contribuant à une meilleure compréhension du rendement véritable des chefs de train en situation réelle.

1.3 *Enquêtes récentes du Bureau de la sécurité des transports et faits nouveaux au Canada sur les enregistreurs de bord*

En janvier 1999, un train de voyageurs VIA qui roulait à 97 mi/h a franchi un signal d'arrêt absolu près de Trenton (Ontario). Après un freinage d'urgence, le train s'est immobilisé. Aucun passager ni membre du personnel n'a été blessé. On a pu déterminer que les membres de l'équipe étaient en pleine conversation juste avant l'incident. Cette distraction a probablement contribué à l'incident. S'il y avait eu un enregistreur audio dans la cabine de la locomotive de commande, il aurait pu être possible de déterminer avec plus de certitude l'efficacité des communications de l'équipe à l'approche du lieu de l'incident¹⁴. En juillet 2003, le BST a recommandé que

le ministère des Transports, en collaboration avec l'industrie ferroviaire, établisse des normes nationales exhaustives en matière des enregistreurs de données de locomotive qui comprennent un dispositif d'enregistrement des conversations de cabine combiné aux systèmes de communication de bord.

Recommandation R03-02 du BST

En février 2012, un train de voyageurs VIA a franchi une liaison près de Burlington (Ontario) alors qu'il roulait à environ 67 mi/h. La vitesse permise pour franchir cette liaison était de 15 mi/h. La locomotive et les 5 voitures transportant des voyageurs ont déraillé. Les membres de l'équipe ont été mortellement blessés, et 45 personnes ont subi diverses blessures. D'après le rapport d'enquête, en l'absence d'enregistreurs audio-vidéo, il était difficile de déterminer (avec certitude) les facteurs humains qui ont contribué à la réaction inappropriée de l'équipe aux indications présentées par les signaux. De plus, on n'a pas pu déterminer exactement la dynamique et les interactions entre les 3 membres de l'équipe¹⁵. En juin 2013, le BST a recommandé que

¹⁴ Rapport d'enquête ferroviaire R99T0017 du Bureau de la sécurité des transports (BST), Franchissement d'un signal d'arrêt absolu par le train numéro 52 de VIA Rail Canada Inc. au point milliaire 232,8 dans la subdivision Kingston à Trenton Junction, Trenton (Ontario), le 19 janvier 1999.

¹⁵ Rapport d'enquête ferroviaire R12T0038 du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST), Déraillement en voie principale du train de voyageurs numéro 92 exploité par VIA Rail Canada Inc., au point milliaire 33,23 de la subdivision d'Oakville du Canadien National à Aldershot (Ontario), le 26 février 2012 (publié le 10 juin 2013).

le ministère des Transports exige que toutes les locomotives de commande utilisées dans le cadre des activités sur lignes principales soient pourvues de caméras vidéo dans la cabine.

Recommandation R13-02 du BST

D'autres rapports d'enquête du BST ont réitéré les recommandations ci-dessus¹⁶.

Les résultats de ces enquêtes laissent supposer que les EAVL sont le seul outil objectif et fiable pour déterminer avec plus de certitude le lien de causalité entre un événement ferroviaire et les facteurs humains, comme la communication entre employés, les distractions, la fatigue et la formation. Lorsqu'il est possible de confirmer des liens de causalité et des manquements à la sécurité, il est possible de formuler des recommandations d'autant plus pertinentes pour corriger les problèmes profonds et maximiser les améliorations à la sécurité ferroviaire.

En 2012, le BST a ajouté l'enjeu des enregistreurs vidéo et de la parole à sa Liste de surveillance, étant donné l'absence de progrès relativement à la mise en œuvre de ses recommandations. Depuis 2012, les pourparlers entre TC, les compagnies et les syndicats sur les EAVL ont généralement été infructueuses, ce qui a retardé les initiatives d'implantation volontaire.

D'autres faits sont survenus récemment au Canada relativement aux enregistreurs de bord :

- Un rapport publié en 2006 par un groupe de travail composé de représentants de TC, de la FRA, du secteur ferroviaire et des syndicats a conclu que la justification de l'implantation des enregistreurs de conversations à bord d'aéronefs (chances de survie plus faibles dans les accidents aéronautiques) n'était pas valable, de façon générale, pour le mode ferroviaire.
- Un examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (LSF) réalisé en 2007 et le rapport d'un groupe de travail publié en 2009 mentionnent que, d'après la recommandation de 2003 du BST, l'usage de données audio peut grandement aider à déterminer les causes d'accidents et d'incidents, ainsi que les facteurs qui y contribuent, en offrant des éclaircissements sur le comportement et les capacités de l'équipe de locomotive. La recommandation n° 44 de l'*Examen de la Loi sur la sécurité ferroviaire 2007* a été rédigée précisément en ce sens. Pourtant, en 2011, le groupe de travail compétent a recommandé de renoncer à persister sur cette voie compte tenu de préoccupations liées au respect de la vie privée, des avantages concrets limités pour la sécurité et de la volonté d'harmonisation avec les États-Unis (ceux-ci ayant choisi de ne pas exiger l'usage d'enregistreurs audio à bord des locomotives).
- Après l'accident en février 2012 près de Burlington (Ontario), le ministre des Transports a demandé qu'on continue d'évaluer la question des EAVL. Le CCSF a alors formé un groupe de travail sur les EAVL. Le secteur ferroviaire s'opposait à ce que seul le BST utilise les données des EAVL et a demandé l'accès aux

¹⁶ Rapports d'enquêtes ferroviaires R09V0230, R10Q0011, R11W0247 et R13C0049 du Bureau de la sécurité des transports.

renseignements des enregistrements audio et vidéo à des fins de contrôle de la conformité. Les syndicats se sont fermement opposés à cette demande, craignant que les contrôles de la conformité entraînent des mesures disciplinaires contre les employés. Le groupe de travail du CCSF a déterminé qu'à elles seules, les caméras orientées vers l'extérieur offriraient peu d'avantages pour la sécurité. Il a convenu que l'installation volontaire d'enregistreurs de bord constituait la meilleure approche et que le profil coûts-avantages ne serait justifié que si les compagnies de chemin de fer pouvaient utiliser les enregistrements à des fins de sécurité et de contrôle de la conformité. Par la suite, VIA s'est volontairement engagée à tester et à installer des enregistreurs audio à bord de ses 73 locomotives en ajoutant des microphones sur ses enregistreurs vidéo orientés vers l'extérieur. Rocky Mountaineer et GO Transit ont eux aussi volontairement installé des systèmes d'essai.

- En novembre 2013, le ministre des Transports a demandé au Comité permanent des transports, de l'infrastructure et des collectivités d'examiner le régime canadien de sécurité des transports de matières dangereuses et le rôle des SGS, et de faire rapport sur cette question. Le Comité a recommandé que

Transports Canada oblige les sociétés ferroviaires à utiliser les enregistrements audio et vidéo à bord des locomotives dans le cadre de leur système de gestion de la sécurité, conformément à la recommandation du Bureau de la sécurité des transports.

- En février 2016, le ministre des Transports a présenté au Parlement le rapport sur l'examen de la *Loi sur les transports au Canada*. Dans ce rapport, la recommandation 10b demande à TC d'« établir une stratégie officielle visant la mise en œuvre des enregistreurs vidéo et de conversations à bord des locomotives d'ici 2020¹⁷ ».

1.4 *Enquêtes récentes du NTSB et faits nouveaux aux États-Unis concernant les enregistreurs de bord*

Aux États-Unis, à la suite de plusieurs accidents ferroviaires¹⁸, le NTSB a émis des recommandations sur les enregistreurs de bord. En 1997, il a recommandé que les enregistreurs audio soient obligatoires et qu'ils servent uniquement aux enquêtes sur les accidents. Puis, en 2007, il a recommandé l'installation obligatoire d'enregistreurs audio-vidéo pour aider aux enquêtes.

En septembre 2008, un train de voyageurs Metrolink est entré en collision frontale avec un train de marchandises de l'Union Pacific Railroad près de Chatsworth (Californie).

¹⁷ Transports Canada, *Parcours : Brancher le système de transport du Canada au reste du monde*, tome 1, www.tc.gc.ca/fra/examenlrc2014/CTAR_Tome1_FR.pdf (dernière consultation le 19 juillet 2016).

¹⁸ Près de Silver Spring (Maryland) – voir le rapport d'enquête ferroviaire NTSB/RAR-97/02 du National Transportation Safety Board (ratifié en juillet 1997); et Anding (Mississippi) – voir le rapport d'enquête ferroviaire NTSB/RAT-07/01 du National Transportation Safety Board (ratifié le 20 mars 2007).

L'accident a fait 25 morts, y compris le mécanicien de locomotive du train Metrolink. L'enquête du NTSB¹⁹ a permis de déterminer que, distrait par son appareil sans fil personnel, le mécanicien de locomotive de Metrolink avait franchi un feu rouge. Le NTSB a conclu qu'un EAVL aurait permis aux enquêteurs de déterminer plus précisément les gestes du membre de l'équipe avant l'accident. Des enregistrements de bord auraient aidé à cerner les facteurs de causalité déterminants et auraient peut-être facilité l'élaboration de recommandations de sécurité plus efficaces. Le NTSB a également noté que la technologie EAVL pourrait être utile pour cerner les problèmes de conception ou les défaillances d'équipement. En outre, le NTSB a noté qu'à des fins de prévention des accidents, les gestionnaires de compagnies de chemin de fer devraient employer la technologie EAVL dans les contrôles d'efficacité et les programmes de gestion du rendement.

En janvier 2016, le NTSB a ajouté « *Expand use of recorders to enhance transportation safety* » (accroître l'usage d'enregistreurs pour améliorer la sécurité des transports) à sa liste de priorités (Most Wanted List²⁰) de 2016 en demandant que [traduction] :

La réglementation doit exiger leur usage; mais en attendant, les exploitants devraient se procurer volontairement cette technologie pour améliorer le contrôle de l'exploitation et de la sécurité de leurs flottes, trains, aéronefs ou navires.

Par rapport à cette question, le NTSB conseille vivement de prendre les mesures suivantes (entre autres) [traduction] :

Dans le transport ferroviaire, le NTSB recommande que l'on s'attache à doter les cabines de locomotives d'enregistreurs audio et vidéo, et certains véhicules légers sur rail d'enregistreurs, et que les compagnies de chemin de fer se servent des données enregistrées à des fins de contrôle opérationnel et de sécurité.

S'il est sensible à la question d'atteinte à la vie privée des employés, le NTSB estime néanmoins que la sécurité publique l'emporte sur ces préoccupations, étant donné les nombreux accidents et incidents dans tous les modes de transport. Le NTSB a enquêté sur plusieurs accidents et incidents où la distraction du conducteur était en cause. De plus, il estime que les travailleurs occupant des postes essentiels à la sécurité, peu importe le secteur d'activité, doivent s'attendre à faire l'objet d'observations en milieu de travail. Le NTSB a indiqué qu'un respect total de la vie privée n'est pas un impératif dans un milieu comme une cabine de locomotive, où la vie de nombreuses personnes est entre les mains d'une seule.

D'autres faits nouveaux concernant les enregistreurs de bord sont survenus récemment aux États-Unis :

¹⁹ Chatsworth (Californie), voir le rapport d'enquête ferroviaire NTSB/RAR-10/01 du National Transportation Safety Board (ratifié le 21 janvier 2010).

²⁰ La « Most Wanted List » comprend les préconisations prioritaires du NTSB. Cette liste vise à accroître la sensibilisation et le soutien en faveur des changements les plus urgents et nécessaires pour réduire les accidents de transport et sauver des vies.

- En 2014, le Railroad Safety Advisory Committee a formé le Recording Devices Working Group (groupe de travail sur les appareils enregistreurs) pour recommander des mesures réglementaires sur l'installation et l'usage d'enregistreurs dans les locomotives de commande. Au printemps 2015, le groupe de travail a constaté l'absence de consensus sur la façon de mener à bien ce projet.
- En décembre 2015, le président Obama a promulgué la *Fixing America's Surface Transportation Act*. Cette loi exige l'adoption aussi de la *Passenger Rail Reform and Investment Act* de 2015, pour promulguer la réglementation qui exige l'installation d'enregistreurs vidéo orientés vers l'intérieur et vers l'extérieur dans les cabines de locomotives de commande et les voitures à cabine de commande de trains de passagers. Elle prévoit en outre certaines exigences de base, comme l'interdiction faite aux transporteurs ferroviaires d'utiliser les enregistrements pour exercer des représailles à l'encontre d'un employé.
- Au printemps 2016, la FRA a annoncé qu'elle allait publier un avis de projet de réglementation. La FRA indiquait que [traduction] :

Cette réglementation exigerait l'installation de caméras vidéo orientées vers l'intérieur et vers l'extérieur dans les locomotives de commande de tout train roulant à plus de 30 mi/h. Les enregistrements serviraient à déterminer la cause des accidents ferroviaires afin de prévenir leur répétition. Ils serviraient également à garantir l'adhésion des employés des compagnies de chemin de fer aux règles de sécurité fédérales applicables et aux règlements ferroviaires, en particulier ceux qui interdisent l'utilisation d'appareils électroniques personnels. Cette réglementation modifierait les parties 217, 218 et 219 du règlement 49 CFR.

- Depuis mai 2016, plusieurs compagnies de chemin de fer américaines ont installé des enregistreurs vidéo à l'intérieur des cabines de locomotives. À l'heure actuelle aux États-Unis, la loi interdit d'enregistrer les conversations.

2.0 Méthodologie d'évaluation de l'étude de sécurité

2.1 Évaluation de la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive

L'évaluation de la technologie des EAVL s'est déroulée de la façon suivante :

1. Collecte d'information sur l'expérience avec les EAVL aux États-Unis

Pour ce qui est de la technologie des EAVL, il y a eu plusieurs initiatives récentes aux États-Unis, y compris des projets pilotes menés par le CN et le CP dans leurs activités dans ce pays. La FRA et l'AAR ont aussi entrepris des travaux dans ce domaine par l'intermédiaire du Recording Devices Working Group du Railroad Safety Advisory Committee. On a recueilli l'information sur l'expérience aux États-Unis, y compris l'information des fabricants, afin de s'assurer de dégager les leçons apprises et faire en sorte qu'elles puissent être prises en compte.

2. Collecte d'information sur l'expérience du BST dans les modes de transport aérien et maritime

Le BST a acquis une précieuse expérience de l'utilisation d'enregistreurs de bord dans les modes de transport aérien et maritime. On a recueilli de l'information sur cette expérience du BST afin de s'assurer de dégager les leçons apprises et faire en sorte qu'elles puissent être prises en compte.

3. Collecte d'information sur l'expérience avec les EAVL au Canada

Certaines compagnies de chemin de fer au Canada avaient déjà entrepris des essais techniques de l'équipement EAVL. On a recueilli l'information sur ces essais, y compris l'information des fabricants, afin de s'assurer de dégager les leçons apprises et faire en sorte qu'elles puissent être prises en compte.

4. Analyse de l'information recueillie et regroupement des éléments selon les enjeux technologiques

5. Établissement d'une liste des aspects essentiels de la technologie des EAVL

En fonction de l'expérience récente au Canada et d'un examen d'initiatives semblables aux États-Unis et dans d'autres modes de transport, on a dressé une liste des aspects importants de la technologie des EAVL qu'il faudrait prendre en compte pour garantir une implantation réussie.

2.2 Examen des dispositions législatives et réglementaires s'appliquant aux enregistreurs de bord

On a déterminé quelles dispositions législatives et réglementaires s'appliquent aux EAVL et, de façon générale, aux enregistrements à bord. Cet examen s'est déroulé de la façon suivante :

1. Repérage des lois et des règlements canadiens applicables à tous les modes de transport – ferroviaire, aérien, maritime et par pipeline

2. Repérage des règles et des règlements internationaux ou des recommandations de sécurité pour les États membres du Commonwealth et de l'Union européenne²¹, ainsi que pour les organisations internationales, pour tous les modes de transport
6. Établissement d'un résumé des questions de droit dans la jurisprudence canadienne concernant le respect de la vie privée et le droit du travail qui met en cause les enregistrements vidéo et audio dans divers contextes
3. Établissement d'un résumé des questions de droit de la Charte canadienne des droits et libertés (Charte)²² relativement au contexte de la vie privée et du travail qui pourraient avoir des incidences pour le gouvernement et l'industrie.

On a entrepris des recherches pour chaque mode de transport, pour repérer les dispositions législatives ou réglementaires les plus récentes sur l'usage des technologies d'enregistrement de bord au Canada. Les dispositions pertinentes ont été signalées. Des recherches ont également été menées à l'étranger. Le cas échéant, on a noté les points communs dans l'approche de différents pays relativement à l'implantation des technologies d'enregistrement et à l'accroissement des efforts face aux enjeux de sécurité.

2.3 *Évaluation des facteurs humains et opérationnels à partir d'enregistrements de bord*

On a examiné à quel point 3 modèles de systèmes d'enregistrement – audio seulement, vidéo seulement, et vidéo et audio – peuvent convenir aux fins de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels. Cette évaluation visait à déterminer dans quelle mesure chaque type de système d'enregistrement pourrait fournir des renseignements valables et fiables sur les facteurs humains et opérationnels et ainsi aider à cerner les comportements pertinents pour la sécurité. Enfin, on a examiné les problèmes techniques de la saisie de données, de la conservation et du stockage des données, et de la gestion des fichiers de données pour chacun des 3 systèmes d'enregistrement.

2.3.1 *Cadre méthodologique*

L'approche de l'évaluation à l'égard des facteurs humains et opérationnels comprenait l'élaboration d'un cadre méthodologique. Ce cadre prévoyait l'examen et l'évaluation des éléments suivants :

- manipulations des commandes de locomotive;

²¹ L'Union européenne compte 28 États membres, et le Commonwealth se compose de 53 nations; ainsi, pour des raisons pratiques, on a choisi un sous-ensemble de nations pour la recherche sur les lois qui régissent l'utilisation d'enregistreurs. Le choix des pays s'est fait en fonction de ce qui suit : type, taille et complexité des réseaux de transport en place pour chaque mode; existence de lois couvrant la technologie de prévention et d'entretien pour la surveillance et l'enregistrement des opérations; facteurs de santé et sécurité pour les employés et le grand public; réglementation et procédures qui régissent les enquêtes sur les événements.

²² Charte canadienne des droits et libertés, partie I de la Loi constitutionnelle de 1982, soit l'annexe B de la Loi de 1982 sur le Canada (Royaume-Uni), 1982, ch. 11.

- enjeux liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité;
- pratiques opérationnelles dans la saisie et le traitement d'enregistrements de bord.

2.3.1.1 *Manipulations des commandes de locomotive*

On a évalué les enjeux pertinents pour la sécurité de l'exploitation/la conduite d'un train et les manipulations connexes des commandes de locomotive. Une analyse poussée des tâches²³ en fonction du comportement d'une équipe de locomotive et des exigences qui lui sont normalement imposées a été réalisée pour discerner les manipulations des commandes de locomotive pertinentes. On a sélectionné pour l'examen un sous-ensemble de manipulations des commandes de locomotive.

En bref, on a effectué cette évaluation pour 2 catégories d'enjeux liés à la saisie des manipulations des commandes de locomotive : (1) dans des conditions d'utilisation normales; et (2) dans des situations anormales (p. ex., durant des communications radio d'urgence et des alarmes à bord). Il est possible d'atténuer les lacunes dans ces domaines, par exemple, en développant et en concevant des programmes de formation améliorés et ciblés, en concevant et en installant des commandes et de l'équipement de locomotive mieux conçus sur le plan ergonomique, et en modifiant les procédures d'utilisation.

2.3.1.2 *Enjeux liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité*

On a sélectionné et examiné divers enjeux liés aux facteurs humains qui sont reconnus comme ayant une incidence sur la sécurité et qu'on peut gérer efficacement grâce à des moyens de défense appropriés. Ces enjeux se résument comme suit :

1. **Gestion des ressources des équipes (CRM) :** La gestion et l'utilisation efficaces de toutes les ressources, humaines et techniques, dont dispose l'équipe de locomotive pour assurer la sécurité d'un déplacement. Les indicateurs possibles d'une CRM efficace au sein d'équipes de locomotive comprennent l'assertivité, les conversations sur les activités opérationnelles entre les membres de l'équipe, la résolution efficace des problèmes, un leadership approprié et l'adaptabilité.
2. **Stress :** L'état physiologique qui, s'il n'est pas maintenu à un niveau optimal, peut avoir une incidence négative sur la capacité d'un individu de percevoir et d'évaluer les indices dans son environnement. Le stress peut mener au rétrécissement de l'attention.
3. **Vigilance/fatigue :** L'indice d'un besoin physiologique de sommeil. Survient lorsqu'un membre de l'équipe n'obtient pas, en quantité ou en qualité, suffisamment de repos réparateur. Les indicateurs observables de la fatigue comprennent : bâiller, fermer momentanément les yeux et dormir.
4. **Charge de travail :** Un élément tenant compte du nombre de tâches à accomplir dans une période donnée et de la capacité du conducteur de gérer ces tâches. Si le nombre de tâches à effectuer augmente ou si le délai accordé diminue, le poids de la charge de

²³ Une « analyse des tâches » est une procédure formelle qui sert à examiner en détail la nature de chaque tâche constituante, physique ou cognitive, que doit effectuer une personne pour atteindre l'objectif d'un système, et les interrelations entre ces tâches constituantes.

travail augmente. Des études ont montré que les traits prosodiques²⁴ du discours, par exemple la fréquence des mots par unité de temps, augmentent en fonction de la charge accrue de travail mental²⁵. Le fait de délaissier certaines tâches est un autre indicateur d'une charge de travail élevée.

5. **Conscience situationnelle** : [traduction] « La perception des éléments dans un environnement au cours d'une période et dans un espace donnés, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans un avenir rapproché²⁶ ». L'exactitude de la conscience situationnelle d'un membre de l'équipe lui permet de prédire de façon plus éclairée et plus exacte les conséquences d'une décision, et donc contribue à une prise de décisions judicieuses. Les indicateurs d'une conscience situationnelle réduite comprennent les conversations autres que sur les opérations, un regard détourné des commandes ou du paysage avant, et une difficulté à se situer dans l'espace.
6. **Distraction** : État d'une personne dont l'attention est tournée vers une tâche secondaire et non vitale. L'**inattention** est l'état d'une personne dont l'attention n'est pas concentrée sur la conduite sûre, malgré l'absence de tâches secondaires.

Pour évaluer la présence de problèmes liés aux facteurs humains dans un enregistrement, on a désigné pour chacun d'eux des indications facilement observables. Un système de cotes a été utilisé pour indiquer dans quelle mesure des éléments ou signes de chaque enjeu lié à des facteurs humains pouvaient être repérés.

2.3.1.3 Pratiques opérationnelles concernant la saisie et le traitement d'enregistrements de bord

Dans le cadre de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels, on a examiné certains des problèmes techniques de saisie des données de EAVL, de conservation des données, et de traitement et de gestion de fichiers :

- la capacité des enregistreurs de saisir adéquatement les données (remarque : pour les systèmes d'enregistrement vidéo, on veut dire la netteté et la luminance des images, et l'alignement et l'angle de couverture de la caméra [ou des caméras]; pour les systèmes d'enregistrement audio, on veut dire la directivité et la sensibilité du microphone [ou des microphones]);
- la taille des fichiers enregistrés;
- la synchronisation (ou la non-synchronisation) des données CEL avec les données EAVL;
- l'horodatage des données EAVL ou la mesure dans laquelle elles comprennent de l'information exacte sur l'heure et la date;

²⁴ Le rythme, le débit et l'intonation phonétiques.

²⁵ K. Huttunen, H. Keränen, E. Väyrynen, R. Pääkkönen et T. Leino, « Effect of cognitive load on speech prosody in aviation: Evidence from military simulator flights », *Applied Ergonomics*, vol. 42, n° 2 (2011), p. 348-357.

²⁶ M.R. Endsley, « Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, *Human Factors* », 37(1) (1995), p. 32-64

- la mesure dans laquelle il existe d'autres moyens d'analyser indépendamment les données EAVL.

2.3.2 Procédure d'évaluation de l'examen des enregistrements de bord

On a formé 4 sous-groupes pour évaluer les enregistrements EAVL fournis par 4 compagnies de chemin de fer canadiennes. Chacun des sous-groupes comprenait 1 enquêteur du BST spécialisé en facteurs humains, 1 enquêteur ferroviaire du BST ayant de l'expérience opérationnelle, au moins 1 représentant du secteur opérationnel d'une compagnie de chemin de fer, des délégués des Teamsters et des spécialistes en exploitation ferroviaire de TC.

L'évaluation a porté sur 3 modèles d'enregistreurs :

1. audio seulement (sous-groupe chemin de fer A);
2. vidéo seulement (sous-groupes chemins de fer B et C);
3. vidéo et audio (sous-groupe chemin de fer D).

Dans le cadre de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels, on a examiné des échantillons représentatifs d'enregistrements vidéo et audio provenant de locomotives. Une liste de contrôle des comportements a guidé l'examen des enregistrements de bord et facilité la discussion entre les membres de chaque sous-groupe. La liste de contrôle des comportements « vidéo et audio » se trouve à l'annexe B.

La liste de contrôle des comportements comprenait divers éléments à évaluer durant l'examen de chacun des enregistrements de bord :

- l'information sur l'enregistrement de bord;
- l'information sur l'équipe de conduite;
- la saisie des interactions de l'équipe dans la cabine;
- la saisie d'éléments relatifs à la performance humaine, y compris le stress, la fatigue/vigilance, la charge de travail, la conscience situationnelle et la distraction/inattention;
- la saisie des manipulations des commandes de locomotive dans des conditions d'utilisation normales;
- la saisie des situations anormales dans la cabine de locomotive.

De février à avril 2016, on a organisé 9 séances d'examen des sous-groupes (tableau 1). Chaque séance a duré de 2 à 6 heures.

Tableau 1. Nombre de séances et d'enregistrements examinés par sous-groupe
 (Remarque : Tous les systèmes d'enregistrement comprenaient une caméra vidéo externe orientée vers l'avant.)

Sous-groupe	Type d'enregistrement	Nombre de séances d'examen	Nombre d'enregistrements examinés
Chemin de fer A	Audio seulement	3	14
Chemin de fer B	Vidéo seulement	2	5
Chemin de fer C	Vidéo seulement	1	5
Chemin de fer D	Vidéo et audio	3	13

Comme il n'était pas pratique d'examiner au complet tous les enregistrements EAVL des projets pilotes, une évaluation de triage a été effectuée pour chaque enregistrement de bord. On a relevé des scénarios intéressants se rapportant, par exemple, à la charge de travail élevée d'une équipe de train, à la faible luminosité, au moment de la journée, à la longueur du quart de travail et au mauvais temps. Cette évaluation a dégagé des enregistrements partiels que le sous-groupe a examinés plus à fond.

L'évaluation des enregistrements isolés s'est déroulée comme suit :

- Le sous-groupe s'est penché sur des extraits de chaque enregistrement de bord (en général 2 extraits, de 10 minutes chacun).
- Durant les discussions de groupe, on a noté les réponses aux questions prédéfinies de la liste de contrôle des comportements.
- On a noté les données des séances d'examen, y compris tous les commentaires qualitatifs.
- On a relevé les différences entre les types de systèmes EAVL ou entre les conditions environnementales ou opérationnelles.
- Les commentaires des membres du sous-groupe ont été analysés, puis ils ont été notés et groupés par thème lorsque approprié.
- Les données de chaque chemin de fer ont été présentées comme suit :
 - les conditions environnementales/opérationnelles;
 - la capacité de discerner le comportement associé aux enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité, y compris les opérations normales, les situations anormales ou d'urgence, et les problèmes liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité;
 - les problèmes techniques.

2.4 *Évaluation des avantages des enregistrements de bord pour la sécurité*

Les activités suivantes ont eu lieu dans le cadre de l'évaluation des avantages pour la sécurité :

- **Examen des avantages indiqués par l'étude du CCSF** – Examen du rapport final de l'étude du CCSF sur les EAVL en 2012
- **Détermination des avantages des EAVL pour les enquêtes** – Réévaluation et documentation des avantages des EAVL pour les enquêtes sur des événements
- **Détermination des avantages des EAVL pour les SGS** – Évaluation et documentation des avantages des EAVL dans le contexte d'un SGS
- **Détermination des autres avantages des EAVL** – Évaluation et documentation d'autres avantages des EAVL pour la sécurité
- **Étude des utilisations appropriées des renseignements extraits des EAVL** – Résumé des opinions des membres du groupe de travail sur l'utilisation appropriée des EAVL

Le principal point d'achoppement de l'implantation de la technologie EAVL est d'en déterminer l'utilisation acceptable. Les enregistrements EAVL sont reconnus comme ayant une valeur inestimable pour les enquêtes sur les accidents. Toutefois, une vive opposition s'est manifestée à un recours accru aux enregistrements de bord autrement que pour les enquêtes sur les accidents. Au cœur du débat se trouvent, d'une part, le droit du public à la sécurité et l'obligation des exploitants de gérer la sécurité, et d'autre part, le droit à la protection de la vie privée des employés et leurs vives préoccupations concernant la possibilité que l'employeur utilise de façon injuste les enregistrements de bord. L'étude de sécurité a documenté les opinions actuelles des intervenants sur le recours accru et sur la façon de concilier les opinions divergentes.

On a recueilli les opinions des participants au groupe de travail durant une discussion, dirigée par un animateur, sur le recours accru aux enregistrements de bord. La discussion a abordé le bien-fondé de chaque utilisation possible, y compris l'utilisation d'enregistrements :

- pour obtenir des données liées à la sécurité, par exemple pour un SGS ou pour l'analyse de la performance humaine, le contrôle de la conformité opérationnelle et la détection des dangers;
- pour repérer et récompenser les meilleures pratiques;
- pour orienter le changement comportemental par la perception que les actions du conducteur sont surveillées;
- pour cerner les comportements risqués, et ensuite améliorer l'éducation, les procédures et la formation;
- pour enquêter sur le besoin de mesures disciplinaires progressives.

Ensuite, un exercice a servi à chercher des possibilités de concilier les opinions divergentes sur l'utilisation. L'objectif de l'exercice n'était pas d'obtenir un consensus, mais de comprendre et de documenter les aspects d'un recours accru qu'il faudrait considérer pour en arriver à une solution acceptable. Le groupe de travail a examiné différentes approches qui pourraient répondre aux besoins de tous les intervenants si le recours accru aux enregistreurs de bord était permis :

- des procédures, visant notamment la conservation, la dépersonnalisation et la chaîne de possession;

- le contrôle et l'application de la loi;
- la détermination des parties concernées, y compris celles qui devraient être présentes ou invitées à l'examen des enregistrements;
- l'instauration de la confiance, par exemple par le codéveloppement de l'utilisation et son évolution au sein d'une compagnie.

3.0 Résultats et observations

On a noté et résumé les observations clés pour chaque type d'évaluation.

3.1 Résultats de l'évaluation de la technologie

Les résultats de l'évaluation de la technologie comprennent des observations sur :

- les enregistreurs de bord dans les modes de transport aérien et maritime;
- l'expérience de la technologie EAVL aux États-Unis;
- la technologie EAVL utilisée pour les projets pilotes au Canada.

3.1.1 Enregistreurs de bord dans les modes de transport aérien et maritime

Le BST a accumulé une vaste expérience avec des enregistreurs de bord dans le secteur de l'aviation, y compris des FDR et des CVR. Plus récemment, dans le mode de transport maritime, le BST a acquis de l'expérience avec les VDR. On a recueilli l'information sur les enregistreurs utilisés pour ces modes de transport afin de bien dégager les leçons apprises et les transmettre au secteur ferroviaire pour qu'il puisse en tenir compte.

3.1.1.1 Résumé des observations sur les enregistreurs de bord pour le mode de transport aérien

Les CVR fournissent beaucoup de renseignements que les FDR n'enregistrent pas, mais qui sont essentiels pour bien comprendre un accident. Les CVR ont permis d'établir les actions des membres d'équipages et les interactions entre eux par rapport aux procédures définies et indiquées dans des exposés. Ils peuvent enregistrer des alarmes sonores et, lorsqu'ils sont synchronisés avec le FDR, ils peuvent établir la relation entre les alarmes et les manœuvres d'un équipage. Les CVR enregistrent également l'environnement sonore, ce qui permet l'analyse de la machinerie, comme les alarmes sonores et la vitesse des hélices. Ces enregistrements peuvent servir à établir qui se trouve dans le poste de pilotage. De plus, ils sont une source de données pour l'analyse des facteurs humains dans la dynamique de l'équipage et d'éclaircissements sur les niveaux de stress et sur le ton des interactions entre les membres d'équipage.

Certains CVR ont été difficiles à utiliser à cause d'un entretien inadéquat, avec pour résultat des enregistrements manquants ou inutilisables. Il arrive que la qualité sonore soit mauvaise à cause de bruits de fond, en particulier si le système n'est pas muni de « microphones actifs²⁷ ». Dans diverses situations, les durées d'enregistrement étaient trop courtes et des faits pertinents étaient effacés par des enregistrements ultérieurs. Ces situations sont parfois attribuables aux limites inhérentes de la taille mémoire d'enregistreurs plus anciens, à des décisions opérationnelles de ne pas sécuriser les enregistrements avant qu'ils soient effacés par les suivants et au défaut d'enregistrer des actions clés survenues tôt durant un vol d'une durée supérieure à celle de l'enregistrement.

²⁷ Un « microphone actif » est un microphone qui est particulièrement sensible au son; dans ce cas-ci, à la parole.

3.1.1.2 *Résumé des observations additionnelles propres aux enregistreurs des données du voyage du mode maritime*

La qualité sonore peut s'avérer particulièrement mauvaise dans le cas de microphones fixes sur une grande passerelle; la personne qui parle se trouve parfois fort éloignée des microphones. On a constaté que le microphone d'ambiance utilisé dans un système VDR capte des niveaux élevés de bruits de fond qui limitent la netteté de l'enregistrement.

Les VDR actuels enregistrent des données audio et d'autres types de données dans un seul fichier compressé. Le fichier unique s'est avéré problématique. En effet, on ne peut aisément dissocier le volet audio, qui constitue l'enregistrement privilégié, des unités de mémoire à retourner aux propriétaires. Le fichier VDR contient également des images radar qui peuvent être très lourdes (plus de 100 Go), ce qui peut compliquer le traitement et le stockage des données.

Il n'existe aucun logiciel standard de lecture de VDR ni de documentation sur les données enregistrées. La lecture des données exige donc un logiciel et du câblage propres au fabricant ou au modèle d'enregistreur. Ainsi, les utilisateurs de ces renseignements doivent se tenir à jour sur un éventail de procédures de récupération des données et gérer différents programmes de lecture. En outre, l'absence de normes communes pour les VDR a parfois donné lieu à des paramètres horaires mal enregistrés et à des difficultés d'extraction des paramètres.

3.1.1.3 *Leçons apprises des modes de transport aérien et maritime*

Les leçons suivantes se dégagent de l'expérience :

1. Il est nécessaire d'effectuer régulièrement des vérifications de maintenance pour assurer la qualité d'enregistrement.
2. Des données cruciales risquent d'être perdues si l'unité mémoire de l'enregistreur ne satisfait pas aux normes de résistance à l'impact.
3. L'ensemble du système, et non seulement les caméras et la mémoire, doit être robuste, de sorte qu'on puisse constater immédiatement s'il est devenu inutilisable à cause d'une panne de courant ou d'autres défaillances. Les données sont parfois mal enregistrées ou perdues, soit à cause de l'absence d'une source d'alimentation indépendante, soit parce que l'équipage ne sait pas comment utiliser les enregistreurs de façon à préserver les données²⁸.
4. Les CVR de première génération enregistraient 4 canaux audio de 30 minutes sur bande magnétique. Depuis 2003, l'OACI exige que les grands aéronefs commerciaux de construction neuve soient munis d'un CVR d'une capacité d'enregistrement de 2 heures; l'OACI exige que tous les CVR se conforment à cette exigence depuis le 1^{er} janvier 2016, et la Federal Aviation Administration des États-Unis, depuis 2012. TC n'a pas encore harmonisé sa réglementation. À l'avenir, pour les nouveaux aéronefs,

²⁸ *Recommendations on the Proactive Use of Voyage Data Recorder Information*, octobre 2012, Oil Companies International Marine Forum.

la durée d'enregistrement des CVR sera de 25 heures pour pouvoir saisir les vols de longue durée (plus de 15 heures) ainsi que les activités avant et après le vol. On veut ainsi faire en sorte que la durée soit suffisante pour empêcher que des faits importants soient effacés, soit dans le cas d'un déplacement prolongé, soit dans le cas où un appareil reste longtemps en marche pour une autre raison. (Remarque : Dans le secteur ferroviaire, la durée devrait être égale à celle du CEL, qui doit être de 48 heures aux États-Unis²⁹.) L'exigence actuelle pour les VDR est de 12 heures, ce qui est souvent trop court pour saisir tous les faits liés à un accident³⁰.

5. Tout problème d'intelligibilité des enregistrements audio a une incidence considérable sur l'utilité des enregistrements audio et sur le temps et les ressources nécessaires pour les analyser. L'usage de microphones actifs améliore considérablement la qualité sonore des enregistrements et offrira probablement des avantages opérationnels en facilitant la communication dans des environnements de travail bruyants.
6. Des canaux d'enregistrement distincts pour chaque membre de l'équipe, ainsi qu'un canal de microphone d'ambiance, améliorent la qualité des enregistrements.
7. Il serait souhaitable de normaliser l'extraction et la lecture des données afin de réduire au minimum les problèmes liés à leur obtention et à leur lecture.
8. Il devrait être possible de synchroniser toutes les données enregistrées en utilisant une source horaire commune.
9. Une documentation claire de l'information et des paramètres horaires recueillis est nécessaire pour permettre une analyse complète et exacte.
10. Un système qui combine des données et des enregistrements audio et vidéo doit fournir un moyen d'isoler facilement les renseignements protégés avant de rendre les données et l'enregistreur au propriétaire.
11. Les enregistrements contenant de la vidéo posent des problèmes de capacité de stockage.
12. Le système de lecture de chaque fabricant exige un logiciel et des câbles qui lui sont propres. Si l'unité mémoire de l'enregistreur est endommagée, il peut être très coûteux de transférer les données sur un autre système pour les récupérer.

²⁹ *Code of Federal Regulations*, Part 229. 135(a) – Event recorders.

³⁰ Recommendations on the Proactive Use of Voyage Data Recorder Information, octobre 2012, Oil Companies International Marine Forum.

3.1.2 *Expérience de la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive aux États-Unis*

À la suite des recommandations du NTSB³¹ sur les enregistreurs de bord, plusieurs initiatives portant sur la technologie EAVL ont été entreprises récemment aux États-Unis, y compris des implantations et projets pilotes par le CN, le CP, Kansas City Southern, Union Pacific Railroad, Metrolink et New Jersey Transit. La FRA et l'AAR ont aussi entrepris des travaux dans ce domaine par l'intermédiaire du Recording Devices Working Group du Railroad Safety Advisory Committee. On a recueilli de l'information sur l'expérience aux États-Unis, y compris les renseignements sur les fabricants, pour s'assurer que les leçons apprises étaient notées et transmises au secteur ferroviaire canadien pour étude. L'annexe C présente cette information en détail.

L'examen de l'expérience aux États-Unis avec les EAVL a révélé divers défis et leçons à retenir :

- Le téléchargement à distance de la vidéo était irréalisable à cause de la taille des fichiers et du coût élevé.
- Certains éléments du matériel ne convenaient pas à un environnement à éclairage réduit ou à bruit ambiant élevé.
- Il y a eu des cas de sabotage des caméras.
- Un certain nombre de chemins de fer américains n'avaient pas installé de microphones de bord.
- Les enregistrements vidéo n'étaient pas régulièrement synchronisés avec d'autres données.

3.1.3 *Technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive installée pour les projets pilotes canadiens*

Dans le cadre de l'évaluation de la technologie pour la présente étude, une des tâches consistait à cerner les pratiques communes pour les EAVL installés dans le cadre de projets pilotes au Canada. L'évaluation technique des systèmes déjà installés ne faisait pas partie de l'étude. Toutefois, on a déterminé les caractéristiques communes de ces systèmes. Ils représentaient des technologies d'enregistrement potentielles qui étaient disponibles au moment de l'étude.

L'annexe D décrit en détail les caractéristiques de la technologie employée dans chacune des installations des projets pilotes. Les caractéristiques système communes des 4 exploitants sont résumées au tableau 2. L'annexe E présente les schémas/plans techniques des 4 systèmes.

³¹ Recommandation de sécurité R-13-026 pour TOUS LES CHEMINS DE FER DE CATÉGORIE 1 [traduction] : Installer dans toutes les cabines de locomotives de commande et dans les voitures à cabine de commande, des enregistreurs vidéo et audio antichocs et protégés contre l'incendie, orientés vers l'intérieur et vers l'extérieur. Ces dispositifs doivent avoir une capacité d'enregistrement continu d'au moins 12 heures.

3.1.3.1 *Résumé de l'examen de la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive actuellement installée dans le secteur ferroviaire canadien*

Caméras

- Toutes les installations comprenaient au moins 2 caméras de bord suspendues qui captaient la zone de travail du mécanicien de locomotive et celle du chef de train. Tous les systèmes comprenaient une caméra orientée vers l'avant. Un des systèmes comprenait une 3^e caméra de bord orientée vers l'armoire électrique.
- Dans toutes les installations, la caméra était protégée par un carter pour empêcher le sabotage.
- Certains carters de caméra offraient une protection environnementale, selon diverses normes.
- Toutes les caméras étaient des caméras couleur, à résolution et à fréquence d'images variables. Certaines caméras avaient une fonction infrarouge pour les cas de faible luminosité.
- Les spécifications des caméras et des lentilles variaient beaucoup.

Microphones

- Deux des systèmes comprenaient des microphones de bord, un situé près du poste du mécanicien de locomotive, et un autre situé près du poste du chef de train. Diverses applications étaient utilisées pour filtrer le bruit de fond.

Enregistrements

- La durée des enregistrements variait en fonction de la capacité du disque dur et de la fréquence d'images d'enregistrement. En général, la durée était d'au moins 72 heures.
- Le format d'enregistrement variait, mais les formats H.264 et MPEG4 étaient les plus courants.
- Tous les systèmes employaient le chiffrement vidéo.

Système

- Tous les systèmes étaient configurés de manière à se mettre en marche dès le démarrage de la locomotive et à demeurer en marche tant qu'ils étaient sous tension. Aucun des systèmes n'utilisait la détection des mouvements pour démarrer ou arrêter l'enregistrement.
- La majorité des systèmes installés (3 des 4) avaient une batterie de secours pour que l'arrêt se fasse correctement en cas de coupure de l'alimentation. Tous les systèmes avaient une fonction de remise en marche automatique une fois l'alimentation rétablie.
- L'équipement installé était conforme à diverses normes et conditions environnementales. Il n'y avait pas de normes environnementales communes.
- L'enregistreur d'un seul système avait une protection antichoc conforme à la norme de résistance à l'impact de la FRA³².

³² *Code of Federal Regulations, Part 229 – Railroad Locomotive Safety Standards, Appendix C – Criteria for Certification of Crashworthy Event Recorder Memory Module.*

Gestion des systèmes

- Aucun des systèmes n'utilisait le tatouage numérique, comme la superposition d'images ou de texte sur la vidéo.
- Pour certains systèmes, il fallait retirer le disque dur ou utiliser un logiciel spécialisé pour récupérer les données enregistrées.
- Tous les systèmes synchronisaient les enregistrements de bord avec les caméras orientées vers l'avant.
- Certains systèmes synchronisaient les enregistrements de bord avec les données du CEL et du système mondial de positionnement (GPS).
- Tous les exploitants contrôlaient l'accès à l'équipement du système pour l'entretien ou des essais.
- Tous les exploitants avaient en place des procédures pour assurer la « chaîne de possession » des enregistrements.
- Les paramètres audio et vidéo de tous les systèmes étaient configurés au moment de leur installation.

Tableau 2. Résumé des caractéristiques des systèmes

Caractéristiques	Points communs à tous	Points communs à certains	Absence de points communs
Installation de caméra	2 caméras de bord (mécanicien et chef de train); 1 caméra orientée vers l'avant	Troisième caméra de bord (grand-angle, comprenant l'armoire électrique)	Aucun
Carter de caméra	Protection antisabotage	Protection environnementale	Aucun
Spécifications des lentilles et des caméras	Caméras couleur	Fonction infrarouge en cas de faible luminosité	Diverses résolutions et fréquences d'images
Marche/arrêt automatique	Mise en marche au démarrage de la locomotive; non-usage de la détection de mouvements	Aucun	Aucun
Interruption de l'alimentation	Remise en marche automatique une fois l'alimentation rétablie	Batterie de secours permettant l'arrêt ordonné du système	Aucun
Protection environnementale	Aucun	Aucun	Diverses conditions et normes environnementales
Installation d'un microphone de bord	Aucun	1 microphone près du mécanicien, 1 près du chef de train	Filtrage audio requis à cause du bruit de fond
Protection antichoc	Aucun	Aucun	Un système satisfaisant à la norme de résistance à l'impact de la FRA

Caractéristiques	Points communs à tous	Points communs à certains	Absence de points communs
Durée d'enregistrement	Aucun	Habituellement 72 heures	Durée variable en fonction de la capacité du disque dur et de la fréquence d'images
Format d'enregistrement	Aucun	H.264 et MPEG4	Aucun
Sécurité et contrôle de l'accès aux données	Tatouage numérique non utilisé Chiffrement vidéo	Retrait du disque dur nécessaire pour accéder aux données; logiciel de lecture spécialisé	Aucun
Synchronisation avec d'autres données	Données à bord et caméra orientée vers l'avant	CEL et GPS	Aucun
Accès au système pour entretien	Accès contrôlé pour entretien et essais	Aucun	Aucun
Paramètres réglables par l'utilisateur	Tous les paramètres configurés à l'installation - aucun paramètre configurable par l'utilisateur	Aucun	Aucun
Chaîne de possession des enregistrements	Processus en place	Aucun	Aucun

3.2 Résultats de l'évaluation du contexte législatif et réglementaire

Du point de vue juridique, on doit considérer le recours accru aux EAVL dans un environnement très complexe. On doit prendre en considération les lois et la réglementation sur le transport en vigueur au Canada et aux États-Unis, les normes internationales pour enregistreurs de bord et les enjeux complexes relatifs aux droits et obligations des employeurs et des travailleurs, y compris les attentes raisonnables des travailleurs quant à la protection de leur vie privée.

La présente section indique les principaux enjeux dans ces domaines, pour situer la prise de décisions sur l'usage futur des EAVL. Les résultats de l'évaluation du contexte législatif et réglementaire comprennent des observations sur :

- les lois et la réglementation canadiennes;
- les lois et la réglementation américaines;
- les normes et lignes directrices internationales;
- les défis de la surveillance en milieu de travail;
- les obligations et les droits d'un employeur en matière d'enregistrements en milieu de travail.

3.2.1 Lois et règlements canadiens

La présente section présente les dispositions pertinentes de la loi et de la réglementation canadiennes touchant les enregistrements de bord, pour tous les modes de transport.

L'article 28 de la *Loi sur le BCEATST* porte sur la protection des enregistrements de bord. Il aborde également l'accès à ces enregistrements et leur usage par le BST ainsi que d'autres accès et des usages interdits. Le paragraphe 28(2) prévoit que :

- (2) Les enregistrements de bord sont protégés. Sauf disposition contraire du présent article, nul ne peut, notamment s'il s'agit de personnes qui y ont accès au titre de cet article :
 - a) sciemment, les communiquer ou les laisser communiquer;
 - b) être contraint de les produire ou de témoigner à leur sujet lors d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Certains craignent que ces restrictions pourraient être interprétées comme ne valant qu'en cas d'accident ou d'incident, ou si le BST a des motifs de croire qu'une situation pourrait, à défaut de mesure corrective, causer un accident ou un incident.

Si on élargit l'usage d'enregistrements de bord dans un mode de transport, il faudrait également, par souci de cohérence et d'équité, en faire autant dans les autres modes où on utilise de tels enregistrements. Les dispositions législatives en vigueur, qui comprennent des lois habilitantes ainsi que des règles et règlements, devront ainsi être révisées.

Dans le cadre du *Règlement sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire*, pris en vertu de la LSF, TC exige depuis 2001 que les chemins de fer sous réglementation fédérale aient un SGS en place. La cueillette de données proactive est essentielle à tout SGS, car elle permet de cerner les dangers et d'assurer l'efficacité des mesures d'atténuation. D'après l'article 5 du *Règlement de 2015 sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* :

- 5 La compagnie de chemin de fer élabore et met en œuvre un système de gestion de la sécurité qui comprend :
 - a) un processus visant la responsabilité et l'obligation de rendre compte;
 - b) un processus à l'égard de la politique de sécurité;
 - c) un processus pour veiller au respect des règlements, des règles et des autres instruments;
 - d) un processus pour gérer les accidents ferroviaires;
 - e) un processus pour cerner les préoccupations en matière de sécurité;
 - f) un processus visant les évaluations des risques;
 - g) un processus pour mettre en œuvre et évaluer les mesures correctives;
 - h) un processus pour établir les objectifs et élaborer des initiatives;
 - i) un processus pour signaler les infractions et les dangers pour la sécurité;

- j) un processus pour gérer la connaissance;
- k) un processus à l'égard de l'établissement des horaires;
- l) un processus visant l'amélioration continue du système de gestion de la sécurité.

Le recours accru aux EAVL est un moyen qui pourrait aider à atteindre ces objectifs. Cependant, pour aller dans ce sens, on doit prendre en considération un large éventail de lois et de règlements au Canada.

3.2.1.1 *Lois et règlements applicables aux enregistrements de bord*

Des modifications à la *Loi sur le BCEATST* s'imposeraient, et elles toucheraient diverses lois appliquées par TC. Chacune de ces lois s'accompagne de nombreux règlements ou ordonnances qui pourraient également être touchés. L'annexe F du présent rapport comprend une liste préliminaire des lois qui pourraient faire partie de cette catégorie. On doit également tenir compte d'autres lois fédérales qui ne touchent pas directement les transports, par exemple la *Loi sur l'accès à l'information* et la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE). Les discussions sur l'implantation de EAVL ont abordé les sujets de la vie privée, de l'accès et de l'utilisation. Une évaluation complète est donc nécessaire pour examiner le cadre juridique qui comprend le droit du travail et de l'emploi et les droits à la vie privée comme à l'accès à l'information. Une analyse de l'article 8 de la *Charte canadienne des droits et libertés* pourrait également être nécessaire si le projet de loi accorde aux compagnies de chemin de fer l'accès aux enregistrements de bord.

Il faudra en outre examiner les règlements de toute loi pertinente touchant l'installation, l'implantation, l'entretien, la protection et la préservation des enregistreurs pour déterminer les cas où on devrait apporter des modifications ou ajouter de nouvelles définitions.

Les tableaux ci-après comprennent les dispositions législatives en vigueur qui font tout particulièrement référence aux « enregistreurs de bord » ou « enregistrements de bord » (voir la section 3.2) pour chaque mode de transport. Les renseignements dans ces tableaux ne sont pas exhaustifs et ne constituent pas un avis juridique.

3.2.1.2 Exemples de lois et de mesures législatives subordonnées qui font référence aux enregistrements de bord

Enquête sur les accidents de transport et sécurité

Loi habilitante, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »	Règlements d'application, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »
Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports, L.C. 1989, ch. 3 Loi constituant le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports et modifiant certaines lois en conséquence	28(1)a), b); (2)a), b); (3); (4); (5); (6)b), c); (7)	Règlement sur le Bureau de la sécurité des transports (DORS/2014-37) Règlements établis relativement aux activités du BST	Aucune

Transport aérien

Loi habilitante, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »	Règlements d'application, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »
Loi sur l'aéronautique (L.R.C. [1985], ch. A-2) Loi autorisant le contrôle de l'aéronautique	22(1)-(9); 23 (1)a), b)(i), (ii); 23(3); (4)a), b); (5); (6)a); (8)	Règlement de l'aviation canadien, (DORS/96-433) Règlement sur l'aviation et les activités liées à l'aéronautique	605.33(1); (2); 605.34(1), b); (2); (3); (4)a); (5)b)

Transport ferroviaire

À l'heure actuelle, le secteur ferroviaire n'utilise aucun enregistreur audio ou vidéo ayant des buts ou des fonctions équivalents à ceux des CVR ou VDR utilisés dans les transports aériens ou maritimes.

En vertu de l'article 3.1 de la LSF, « Le ministre est chargé du développement et de la réglementation pour toute question à laquelle la présente loi s'applique, notamment les questions de sécurité et de sûreté ferroviaires, et du contrôle de tous les secteurs liés à ce domaine. À ce titre, il peut en outre : promouvoir la sécurité et la sûreté ferroviaires par les moyens qu'il estime indiqués; [...] entreprendre les travaux, recherches techniques, études ou enquêtes et collaborer avec les personnes qui les entreprennent; procéder à des inspections et

à des études et fournir des rapports sur les activités liées à toute question ferroviaire; entreprendre, à son initiative [...], toute autre activité. »

Le pouvoir réglementaire en matière de EAVL, y compris sur la façon de gérer les renseignements produits, est prévu aux articles 18 et 37 de la LSF. Toutefois, tout dépendant de l'approche adoptée, l'utilisation obligatoire de EAVL pourrait exiger des modifications à la Loi ainsi que de nouveaux règlements.

Transport maritime

Loi habilitante, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »	Règlements d'application, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »
<i>Loi sur la marine marchande du Canada, 2001, L.C. 2001, ch. 26</i> <i>Loi concernant la marine marchande et la navigation et modifiant la Loi dérogatoire de 1987 sur les conférences maritimes et d'autres lois</i>	Aucune	<i>Règlement sur les enregistreurs des données du voyage, DORS/2011-203³³</i> <i>Règlement sur les enregistreurs des données du voyage et les activités connexes</i>	Aucune

³³ Se référer aux exigences d'utilisation des VDR fournies par l'Organisation maritime internationale.

Pipelines

Le secteur des pipelines utilise à l'heure actuelle un type d'enregistreur dans certains centres d'exploitation.

Loi habilitante, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »	Règlements d'application, objet	Dispositions qui font référence à « enregistreur de bord » ou « enregistrement de bord »
<p><i>Loi sur l'Office national de l'énergie</i>, L.R.C. (1985), ch. N-7 Loi constituant l'Office national de l'énergie</p> <p><i>Loi sur les opérations pétrolières au Canada</i>, L.R.C. (1985), ch. O-7 Loi ayant pour objet la promotion, en ce qui a trait aux activités de recherche et d'exploitation de pétrole et de gaz :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) de la sécurité, notamment par des mesures encourageant le secteur à prendre les dispositions voulues pour y parvenir; b) de la protection de l'environnement; b.01) de la responsabilisation selon le principe du pollueur-payeur; b.1) de la sécurité de la navigation dans les eaux navigables; c) de la rationalisation de l'exploitation; d) de la conclusion d'accords conjoints de production; e) de l'efficacité économique des infrastructures. 	Aucune	<p><i>Règlement de l'Office national de l'énergie concernant le gaz et le pétrole (partie VI de la Loi)</i> DORS/96-244</p> <p>Règlement d'application de la section I de la partie VI de la <i>Loi sur l'Office national de l'énergie</i></p> <p><i>Règlement de l'Office national de l'énergie sur les pipelines terrestres</i></p>	Aucune

3.2.2 *Lois et règlements aux États-Unis*

3.2.2.1 *National Transportation Safety Board*

La *Freedom of Information Act* exempte le NTSB de l'obligation de diffuser les enregistrements de CVR³⁴.

3.2.2.2 *Transport ferroviaire*

Aux États-Unis, plusieurs importants chemins de fer ont volontairement commencé à implanter la technologie EAVL. La *Fixing America's Surface Transportation Act*, déposée récemment (décembre 2015) devant le 114^e congrès du Sénat américain, vise à harmoniser divers textes de loi sur le transport de surface (routier, maritime, ferroviaire) et à fournir des fonds pour améliorer ou réparer l'infrastructure, renforcer les pratiques sécuritaires et mettre en place de nouveaux systèmes. Elle comprend également des dispositions de modifications pour de nouvelles technologies EAVL portant spécifiquement sur l'installation d'enregistreurs audio-vidéo dans les cabines de locomotives de commande et dans les voitures à cabine de commande de trains de voyageurs³⁵. Ces enregistreurs offriront une capacité minimale d'enregistrement continu de 12 heures; une protection antichoc et incendie des enregistrements vidéo de bord qui sont conservés uniquement à l'intérieur de la cabine d'une locomotive de commande ou dans une voiture à cabine de commande; et des enregistrements accessibles pour examen durant une enquête sur un accident ou un incident. Les dispositions permettent en outre l'utilisation des enregistrements :

- par un exploitant pour vérifier que les actions d'une équipe de train respectent les lois de sécurité applicables et les règles et procédures d'exploitation du transporteur ferroviaire;
- pour aider à une enquête sur la cause d'un accident ou d'un incident devant être signalé;
- pour documenter un acte criminel ou surveiller l'occupation non autorisée de la cabine d'une locomotive de commande ou d'une voiture à cabine de commande.

Un transporteur ferroviaire qui obtient un enregistrement audio ou vidéo de bord en vertu de cet article ne peut pas l'utiliser pour punir un employé.

Aux États-Unis comme au Canada, les exploitants ferroviaires doivent utiliser des CEL.

3.2.2.3 *Transport aérien*

Depuis 2014, les FDR et CVR sont obligatoires seulement à bord d'aéronefs immatriculés aux États-Unis qui comptent plus de 20 sièges de passagers ou d'aéronefs qui comptent plus de 6 sièges de passagers, sont munis de moteurs à turbocompresseur et exigent deux pilotes.

³⁴ Décision sur les CVR dans Title 49 U.S. Code 1114 (c) *Freedom of Information Act*.

³⁵ *Fixing America's Surface Transportation Act* (Pub. L. No. 114-94), § 20168.

3.2.2.4 *Transport maritime*

Comme au Canada, la Règle 20, annexe 10 du chapitre V de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) de l'OMI concernant les VDR s'applique.

3.2.2.5 *Transport par pipeline*

En vertu de la *Pipeline Safety, Regulatory Certainty, and Job Creation Act* de 2011, les exploitants de pipelines doivent surveiller les facteurs humains. Toutefois, à l'heure actuelle, on n'utilise pas la surveillance électronique pour surveiller le personnel qui travaille dans les centres de contrôle. On enregistre les données opérationnelles au moyen de systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SCADA), outils informatisés qui fournissent un plan intégré des télédétecteurs et télécommandes des pipelines.

3.2.3 *Normes et pratiques recommandées dans d'autres pays*

Dans les pays de common law, notamment l'Australie, la Nouvelle-Zélande et le Royaume-Uni, les lois et les règlements sont en général très semblables à ceux du Canada en ce qui concerne le traitement et la protection des enregistrements de bord. Par contre, dans des pays de droit civil, notamment la France, la Belgique, l'Italie et l'Allemagne, les autorités judiciaires sont souvent les autorités de premier niveau qui ont la préséance en ce qui concerne le traitement d'enregistrements de bord et la façon d'en disposer. En conséquence, ces enregistrements servent plus souvent à des fins judiciaires.

En général, les pays adhèrent aux conventions et règlements généraux établis par cinq organisations internationales :

3.2.3.1 *Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)*

L'OACI fournit des normes et recommandations sur l'usage des CVR³⁶. En outre, l'Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile (EUROCAE) fournit des spécifications pour les CVR dans ses normes de performances opérationnelles minimales (MOPS). D'après les procédures d'enquête génériques prévues à l'annexe 13, *Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation* de l'OACI, « [l']État qui mène l'enquête sur un accident ou un incident ne communiquera aucun des éléments ci-dessous³⁷ [notamment] : toutes les communications entre personnes qui ont participé à l'exploitation de l'aéronef; enregistrements des conversations dans le poste de pilotage et transcriptions de ces enregistrements; enregistrements d'images du poste de pilotage pendant le vol et toute

³⁶ Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), annexe 6 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Exploitation technique des aéronefs, partie I.

³⁷ « [...] ne communiquera aucun des éléments décrits ci-dessous à d'autres fins que l'enquête sur l'accident ou l'incident, à moins que l'autorité chargée de l'administration de la justice dans ledit État ne détermine que leur divulgation importe plus que les incidences négatives que cette mesure risque d'avoir, au niveau national et international, sur l'enquête ou sur toute enquête ultérieure ».

partie ou transcription de ces enregistrements ». Cependant, l'OACI permet à chaque État de prévoir des dérogations à ses normes, ce que certains États ont fait en ce qui concerne les enregistrements de bord.

3.2.3.2 Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA)

En vertu du Règlement n° 965/12012 de la Commission de l'Union européenne, l'AESA se conforme aux normes de l'OACI. Ce règlement décrit l'installation obligatoire d'un CVR et les exigences explicites sur son utilisation durant et après un vol, et en cas d'événement.

3.2.3.3 Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer (ERA)

Composée de représentants de chaque État membre de l'UE, l'ERA a été établie pour fournir aux États membres et à la Commission européenne de l'assistance technique en sécurité ferroviaire et en interopérabilité. Cela comprend l'élaboration et la mise en œuvre de spécifications techniques d'interopérabilité (STI) et une approche commune des questions de sécurité ferroviaire. L'ERA a pour principale tâche de gérer la préparation de ces mesures en collaborant avec les organismes nationaux d'enquête sur diverses facettes des enquêtes sur les accidents, soit : méthode, rapports, recommandations et échange de bonnes pratiques.

Quoique la directive 2008/57/CE du Parlement européen relative à l'interopérabilité du système ferroviaire fasse référence aux consignateurs d'événements de locomotive relativement à l'utilisation de STI, il n'y a eu à ce jour aucune méthode formelle d'adoption ou d'implantation de la technologie EAVL.

3.2.3.4 Organisation maritime internationale (OMI)

En mai 2012, le Comité de la sécurité maritime de l'OMI a adopté une recommandation révisée sur les normes de rendement des VDR; elle est en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2014. On enregistre les conversations sur la passerelle ainsi que les images et les cartes utilisées, et les réglages du système électronique de visualisation des cartes marines, des systèmes informatiques et des deux radars.

Les navires à passagers et navires autres que les navires à passagers d'une jauge brute de 3000 et plus construits après le 1^{er} juillet 2002 doivent être munis de VDR qui serviront aux enquêtes en cas d'accident, conformément au règlement adopté en 2000 et en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2002. Le règlement en question se trouve au chapitre V – Sécurité de la navigation de la convention SOLAS, 1974. Comme les boîtes noires à bord d'aéronefs, les VDR permettent aux enquêteurs d'examiner les procédures et instructions dans les instants qui ont précédé un incident et aident à établir les causes d'un accident.

Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, chapitre V, règle 20 – Enregistreurs des données du voyage

La règle 20 du chapitre V de la convention SOLAS stipule que pour aider les enquêtes sur les blessés, les navires qui effectuent des voyages internationaux et qui sont assujettis à la règle 1.4 doivent être équipés d'un enregistreur des données du voyage (VDR). Les navires suivants sont visés par la règle 20 :

- **1.1** les navires à passagers construits le 1^{er} juillet 2002 ou après cette date;
- **1.2** les navires rouliers³⁸ à passagers construits avant le 1^{er} juillet 2002, au plus tard lors de la première visite effectuée le 1^{er} juillet 2002 ou après cette date;
- **1.3** les navires à passagers, autres que les navires rouliers à passagers, construits avant le 1^{er} juillet 2002, au plus tard le 1^{er} janvier 2004;
- **1.4** les navires, autres que les navires à passagers, d'une jauge brute égale ou supérieure à 3000 construits le 1^{er} juillet 2002 ou après cette date.

Comme le stipule l'OMI, le propriétaire du navire est également propriétaire du VDR et des données qu'il contient, et ce, en toutes circonstances et en tout temps, sauf en cas d'accident. En cas d'accident, il incombe à l'organisme d'enquête d'extraire les données, et il doit en fournir une copie au propriétaire du navire au début de l'enquête.

3.2.3.5 Agence européenne pour la sécurité maritime (EMSA)

L'Agence européenne pour la sécurité maritime (EMSA) a été établie par le Règlement (CE) n° 1406/2002 « en vue d'assurer un niveau élevé, uniforme et efficace de sécurité maritime [...] ». Parmi ses tâches, l'agence doit soutenir les États membres dans les activités relatives aux enquêtes sur des accidents maritimes. Les documents ci-après fournissent à l'EMSA les exigences de l'OMI (IMO MSC/Circ/1024) sur les VDR de bord et les VDR simplifiés (S-VDR) :

- Résolution A.861(20) – Normes de fonctionnement des enregistreurs des données du voyage (VDR) de bord;
- Résolution MSC.163(78) – Normes de fonctionnement des enregistreurs des données du voyage simplifiés (S-VDR) de bord;
- Circulaire MSC.1/Circ.1024 – Directives sur la propriété et la récupération des enregistreurs des données du voyage (VDR);
- Résolution MSC.214(81) – Adoption de modifications aux normes de fonctionnement des enregistreurs des données du voyage (VDR) de bord (résolution A.861(20)) et aux normes de fonctionnement des enregistreurs des données du voyage simplifiés (S-VDR) de bord (résolution MSC.163(78));
- Circulaire MSC.1/Circ.1222 – Directives relatives à la mise à l'essai annuelle des VDR et des S-VDR.

D'après la directive 2002/59/CE, les États membres doivent s'assurer que les données de systèmes VDR servent aux enquêtes et qu'elles sont correctement analysées. L'EMSA se conforme aux exigences de l'OMI.

³⁸ Navires rouliers : navires conçus pour transporter de la cargaison sur roues, par exemple divers types de véhicules, de remorques ou de wagons ferroviaires qui embarquent sur ces navires et en débarquent de façon autonome (sur leurs propres roues) ou sur un transporteur automoteur (plateforme mobile).

L'examen d'un large échantillon de pays et des règles et recommandations internationales révèle qu'en général, les États s'accordent à promouvoir un niveau élevé de sûreté et de sécurité dans tous les modes de transport. Quoique les États-nations aient leurs propres lois pour régir les transports, ils y incorporent des normes internationales, ou dans certains cas les adoptent entièrement, lorsqu'elles existent. Toutefois, ces normes internationales ne sont que des lignes directrices censées servir de modèles aux lois et pratiques de chaque État-nation. En général, le secteur de l'aviation fait figure de chef de file par son implantation de technologies d'enregistrement de bord, suivi du secteur de la marine.

Pour ce qui est du secteur ferroviaire, l'Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer (ERA) s'emploie à :

- mieux comprendre les facteurs humains grâce à son projet Human Factors³⁹ (lancé en 2012);
- harmoniser davantage les processus d'enquête partout en Europe.

Le succès des initiatives de sécurité ferroviaire mises en œuvre par l'ERA repose sur la collaboration et la communication entre les intervenants ferroviaires et les ministères des transports de l'Union européenne (UE). Cette collaboration et cette communication favorisent l'entente mutuelle, les accords et la reconnaissance de règles et meilleures pratiques acceptées à l'échelle nationale.

La volonté d'améliorer la sécurité ferroviaire a amené de nombreux pays membres de l'UE et du Commonwealth à envisager des exigences plus strictes pour les enregistrements à bord de trains. Les études en ce sens ont des objectifs clés en commun :

- soutenir la surveillance systématique de la sécurité comme moyen de prévention des incidents;
- éclairer les facteurs liés au conducteur, au train et à l'infrastructure qui ont mené à un incident;
- enregistrer de l'information sur la locomotive et l'équipe de conduite.

À la suite d'études de sécurité indépendantes, les organismes d'enquête émettent chacun leurs recommandations. Ces recommandations visent à améliorer les systèmes de surveillance, y compris des activités du conducteur et de la communication à bord de la locomotive.

3.2.4 Contestations de la surveillance en milieu de travail

Le recours à la surveillance audio ou vidéo en milieu de travail peut soulever des questions de droit. Dans le cadre de l'implantation de EAVL, il y a lieu de prendre en compte :

³⁹ Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer [en ligne], « Human Factors Network », www.era.europa.eu/Core-Activities/Safety/Safety-Management-System/Pages/Human-Factors-Network.aspx (dernière consultation le 19 juillet 2016).

- les contestations fondées sur la Charte canadienne des droits et libertés;
- le sens et la portée du concept de « vie privée » en milieu de travail;
- les droits de l'employeur (le « critère de raisonabilité »).

3.2.4.1 *Charte canadienne des droits et libertés*

Selon l'article 8 de la Charte, « Chacun a droit à la protection contre les fouilles, les perquisitions ou les saisies abusives. » D'après la Cour suprême du Canada, l'article 8 vise à protéger les attentes raisonnables en matière de respect de la vie privée.

Les contestations fondées sur l'article 8 de la Charte sont souvent formulées par des personnes qui allèguent une atteinte à leur vie privée par leur employeur. La Charte ne s'applique pas aux cas opposant deux parties privées. L'article 8 ne mentionne pas un « droit à la vie privée », mais énonce plutôt que « chacun a droit à la protection contre les fouilles, les perquisitions ou les saisies abusives ». La clé est la raisonabilité. Si on peut démontrer qu'une fouille effectuée n'était pas abusive, alors la justice doit pencher en faveur de l'intérêt public. Dans une telle contestation, la Cour suprême du Canada doit soupeser les intérêts de la personne en cause et l'intérêt public. Elle le fait au regard de l'article 1 de la Charte⁴⁰, selon lequel le fardeau de la preuve incombe à la partie alléguant la violation.

En général, les tribunaux partent du principe que le droit à la vie privée d'un employé n'est pas absolu. Par conséquent, on s'en remettra toujours à un critère de raisonabilité, que ce soit en vertu de la Charte ou d'un précédent établi en common law.

3.2.4.2 *Vie privée en milieu de travail*

Il existe suffisamment de lois et de jurisprudence pour établir le sens des droits à la vie privée en milieu de travail. En common law, les employés n'ont aucun « droit » à la vie privée, au-delà d'attentes raisonnables. De plus, il est important de souligner que les milieux de travail sont des lieux publics où les attentes d'employés en matière de protection de la vie privée sont limitées, sous réserve de certaines exceptions. En général, on considère l'observation continue et en temps réel d'images vidéo comme plus envahissante que l'examen d'images à la suite d'incidents signalés par d'autres moyens.

Pour les cas où des employés contestent une atteinte à la vie privée, la Cour fédérale du Canada, de même que la Cour suprême du Canada, a mis au point un critère pour déterminer la raisonabilité des actions de l'employeur et pour soupeser les intérêts des employés en matière de vie privée relativement aux intérêts de l'employeur en matière de sûreté et de sécurité.

⁴⁰ « La *Charte canadienne des droits et libertés* garantit les droits et libertés qui y sont énoncés. Ils ne peuvent être restreints que par une règle de droit, dans des limites qui soient raisonnables et dont la justification puisse se démontrer dans le cadre d'une société libre et démocratique. »

Critère juridique de raisonnable

Lorsque des syndicats contestent devant les tribunaux la surveillance électronique par l'employeur en milieu de travail, le critère juridique de raisonnable entre en jeu. Ce critère découle d'un arrêt de principe (*Eastmond c. Canadien Pacifique Ltée*⁴¹) où des employés de chemin de fer avaient déposé un grief contre l'employeur après l'installation, sans leur consentement, d'équipement vidéo numérique. Conformément à son obligation d'informer les employés, l'employeur avait affiché bien en vue des avis signalant la surveillance vidéo. Selon un critère en quatre points, la Cour fédérale a établi que l'intention de l'employeur était appropriée dans les circonstances, et qu'une personne raisonnable estimerait que l'utilisation prévue de caméras était appropriée.

Les tribunaux et arbitres utilisent couramment le critère de raisonnable pour évaluer la légalité des techniques de surveillance. Pour déterminer si les actions d'un employeur sont raisonnables, 4 questions se posent :

1. La mesure est-elle manifestement nécessaire pour répondre à un besoin particulier?
2. Est-il probable qu'elle répondra efficacement à ce besoin?
3. La perte de vie privée est-elle proportionnelle à l'avantage obtenu?
4. Existe-t-il un moyen qui porte moins atteinte à la vie privée et permette d'arriver au même but?

À partir de diverses affaires traitant de plaintes déposées au Commissariat à la protection de la vie privée, les enjeux et leçons apprises ci-après se dégagent relativement à l'utilisation de caméras vidéo installées volontairement pour surveiller les employés :

- La surveillance vidéo en milieu de travail doit être annoncée par une signalisation suffisante informant les employés qu'ils pourraient faire l'objet d'une surveillance.
- L'employeur doit d'abord informer les employés des fins auxquelles les renseignements serviront.
- Tant que les enregistrements ne contiennent aucun renseignement personnel sensible, on peut supposer le consentement implicite des employés sur l'utilisation d'enregistrements une fois qu'on leur a expliqué l'objet de la surveillance vidéo. Les employés devraient alors raisonnablement s'attendre à ce que les enregistrements servent dans ce but.

Contestations concernant le recours à de l'équipement de surveillance

L'affaire *Lenworth Metal Products Ltd. v United Steelworkers of America, Local 3950* est l'arrêt de principe sur les contestations des droits de la direction d'installer de l'équipement de surveillance en milieu de travail⁴². La question était de déterminer si les intérêts des employés en matière de vie privée l'emportaient sur les intérêts de l'employeur au chapitre

⁴¹ *Eastmond c. Canadien Pacifique Ltée*, 2004 CF 852.

⁴² *Lenworth Metal Products Ltd. v United Steelworkers of America, Local 3950*, [2000] OJ No 4352, 29 Admin LR (3d) 258.

de la sûreté et sécurité. Les tribunaux s'appuient couramment sur le critère juridique établi par la Cour fédérale pour étayer leurs jugements en posant ces questions :

1. Était-il raisonnable, compte tenu de toutes les circonstances, que la direction demande la surveillance vidéo du travailleur?
4. La surveillance s'est-elle déroulée de façon raisonnable?
5. La direction avait-elle à sa disposition d'autres méthodes pour obtenir les éléments de preuve qu'elle cherchait?

Si l'employeur, dans l'exercice de ses droits d'entreprise, peut établir qu'il a épuisé toutes les autres solutions pour résoudre un problème, l'équilibre juridique penche alors en faveur des intérêts de l'employeur en matière de sûreté et sécurité.

3.2.5 *Obligations et droits d'un employeur relativement aux enregistrements en milieu de travail*

Au Canada, on utilise couramment des caméras de surveillance en milieu de travail. Elles sont souvent installées comme moyen de dissuasion contre les vols, le vandalisme, les agressions et le harcèlement sexuel. On utilise également des caméras cachées pour enregistrer en secret des activités présumées criminelles ou inappropriées. La surveillance vidéo est courante dans les magasins de détail, les institutions financières, les usines, les casinos et les lieux où se trouvent de l'argent comptant et des stocks de marchandises. Au Canada, les caméras de surveillance peuvent uniquement enregistrer des images sans son.

Beaucoup d'employeurs utilisent maintenant des caméras de surveillance cachées ainsi que des caméras bien en vue pour enregistrer les activités de travail. En général, les tribunaux canadiens voient d'un mauvais œil les employeurs qui cachent des caméras de surveillance ou des microphones pour observer leurs employés en secret, sans motif valable.

En vertu de dispositions spécifiques du *Code canadien du travail* (le Code), les employeurs ont des obligations légales envers leurs employés :

PARTIE II – Santé et sécurité au travail (SST)

124 L'employeur veille à la protection de ses employés en matière de santé et de sécurité au travail.

Cette disposition, de pair avec des articles subséquents, donne le droit à un employeur de surveiller les aires et activités de travail pour satisfaire aux parties du Code qui concernent la santé et la sécurité au travail. Le terme « protection » vise les dangers en milieu de travail dans l'environnement général, par exemple de la machinerie, des conditions, des pratiques ou des matières dangereuses, et la protection des employés contre le harcèlement, sexuel ou autre, ou la violence au travail.

L'employeur a encore d'autres obligations et droits :

- assurer la sécurité des clients;
- protéger les renseignements personnels;
- donner avis aux employés lorsqu'il y a surveillance au travail.

3.2.5.1 *Sécurité des employés et des clients*

Les agressions, vols, violences, accidents de travail et d'autres enjeux de sécurité au travail ainsi que les responsabilités qui s'y rattachent sont pour les employeurs autant d'incitations à installer des systèmes de surveillance en milieu de travail. Des systèmes de télésurveillance sont utilisés pour les employés qui travaillent seuls ou dans un lieu isolé. Ces systèmes peuvent reconnaître des situations d'urgence et donner des indications cruciales aux équipes d'intervention.

Les systèmes de surveillance ont souvent comme objectifs de produire un effet dissuasif, d'orienter les interventions et d'améliorer la capacité d'enquêter.

3.2.5.2 *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques*

Quoique certaines personnes aient intenté des actions pour atteinte à la vie privée contre des employeurs en vertu de la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE), il faut noter que selon le paragraphe 5(3) de la Loi, les organisations ont le droit de recueillir, d'utiliser ou de communiquer des renseignements personnels sans consentement « à des fins qu'une personne raisonnable estimerait acceptables ».

En outre, l'alinéa 7(1)b) de la Loi prévoit que la collecte de renseignements personnels sans consentement est « raisonnable à des fins liées à une enquête sur la violation d'un accord ou une contravention au droit fédéral ou provincial ». Les lois provinciales sur la protection des renseignements personnels contiennent des dispositions semblables.

3.2.5.3 *Obligation d'aviser de l'employeur*

L'enregistrement de communications privées sans le consentement des locuteurs est un acte criminel. Les employeurs qui souhaitent utiliser la surveillance vidéo dans une zone générale de travail doivent afficher des avis ou des enseignes lisibles à distance pour indiquer que la zone est sous surveillance. Les avis ou enseignes doivent être rédigés dans les deux langues officielles; dans certains endroits, ils doivent être multilingues (p. ex., magasins de détail, banques ou entreprises où prédominent d'autres langues).

3.3 *Résultats de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels*

On a utilisé une liste de contrôle des comportements pour évaluer l'information sur les facteurs humains et opérationnels recueillie à partir d'enregistrements de bord. Les résultats de ces évaluations sont résumés à l'annexe G.

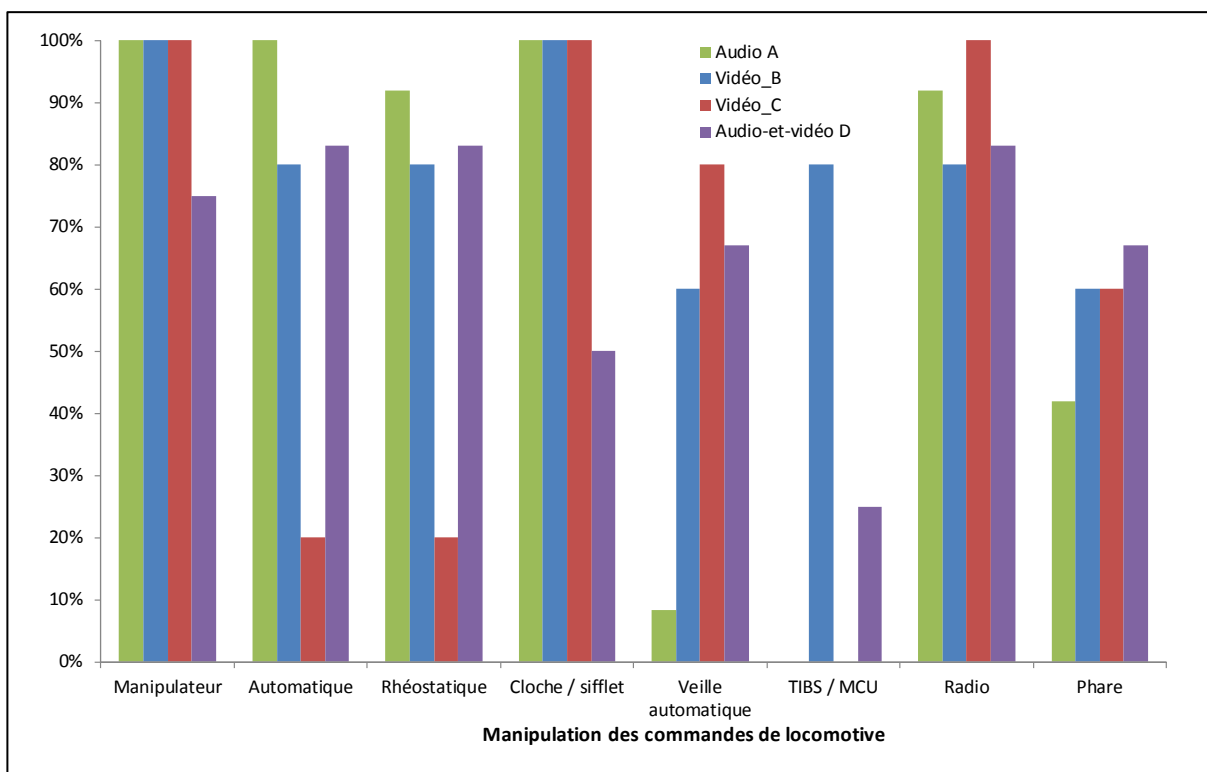
Pour déterminer si un système EAVL ou un mode d'enregistrement particulier pourrait être meilleur qu'un autre pour faciliter le repérage de problèmes liés aux facteurs humains et opérationnels, on a procédé à un certain nombre de comparaisons. Le graphique ci-après illustre ces comparaisons.

Pour pouvoir comparer des systèmes EAVL sans égard à leur mode d'enregistrement, des cotes globales « oui/non » ont été assignées à chaque enregistrement, selon que le sous-groupe avait indiqué qu'il était assurément « possible », par opposition à « éventuellement possible » ou « impossible », de discerner les manipulations des commandes grâce à au moins un type de signal (auditif, visuel ou physique).

3.3.1 Détermination des comportements liés à des enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité

On a compilé le pourcentage d'enregistrements de chaque système EAVL pour lesquels le sous-groupe a estimé qu'il était assurément possible de discerner les manipulations des commandes de locomotive par le conducteur. Ces résultats sont présentés à la figure 1.

Figure 1. Proportion des enregistrements où il était assurément possible de discerner les manipulations des commandes de locomotive par le conducteur



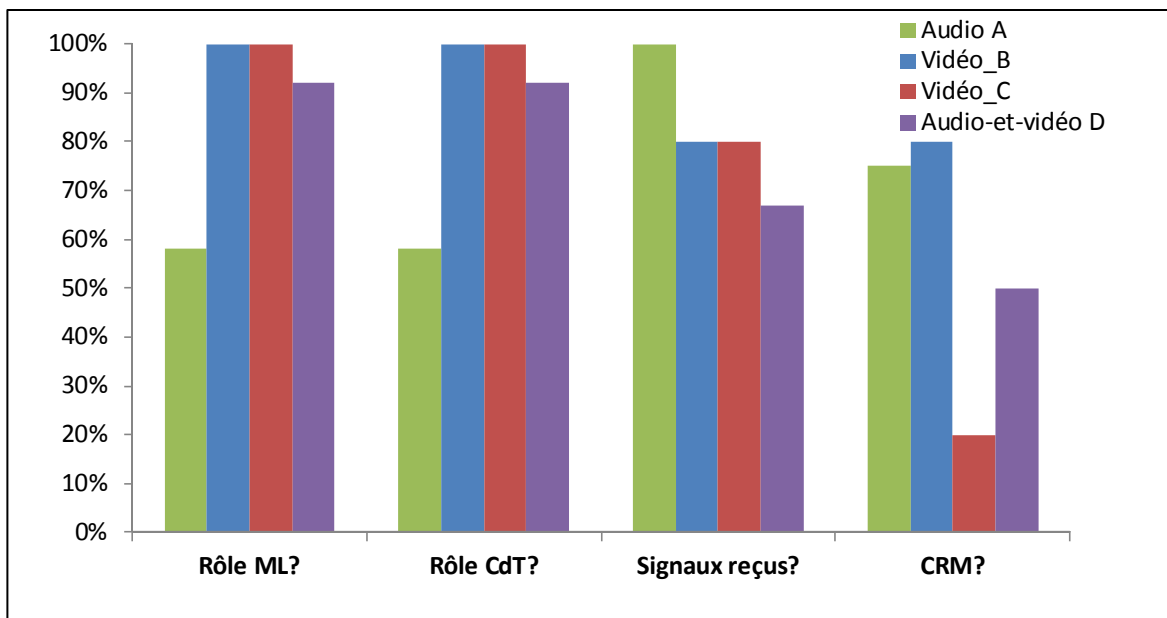
Les membres des sous-groupes ont déterminé que la plupart des systèmes EAVL permettaient d'évaluer l'utilisation des commandes par l'équipe de conduite. Ils ont seulement indiqué que le système audio seulement (chemin de fer A) et le système vidéo seulement du chemin de fer C ne permettaient pas de discerner l'utilisation faite du dispositif de veille automatique (RSC) et du système de contrôle et de freinage en queue de

train (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU). Pour certains des systèmes EAVL qui comprenaient une composante vidéo, les affichages RSC et TIBS se trouvaient à l'extérieur du champ de la caméra. Le sous-groupe au système audio seulement n'a pu évaluer l'utilisation du RSC et du TIBS/MCU dans aucun enregistrement, étant donné le peu de sons que produisent ces systèmes, à moins de déclenchement d'une alarme. Aucune alarme n'a été déclenchée dans les enregistrements qui ont été examinés.

On a jugé qu'environ la moitié des enregistrements seulement permettaient d'évaluer l'utilisation des commandes du phare avant par l'équipe de conduite, peu importe le type de système EAVL. Les enregistrements du système vidéo seulement du chemin de fer C ne permettaient pas d'évaluer l'utilisation par l'équipe des systèmes de freinage automatique et indépendant, car les commandes se trouvaient à l'extérieur du champ de la caméra. Il est important de noter que les membres des sous-groupes ont pu évaluer l'utilisation par l'équipe de conduite de nombreuses commandes simplement en écoutant les enregistrements du système audio seulement.

Quatre éléments opérationnels de la liste de contrôle des comportements ont servi à évaluer s'il était facile de déterminer 1) la personne qui occupait le rôle de mécanicien de locomotive, 2) la personne qui occupait le rôle de chef de train, 3) le fait que le train avait ou non rencontré des signaux de commande de train et la réaction à ces signaux, et 4) les indications de CRM. Ces résultats sont présentés à la figure 2.

Figure 2. Proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettait de déterminer les rôles, les signaux rencontrés et les interactions des membres de l'équipe



Il était moins probable qu'on juge le système audio seulement (barres vertes) propre à déterminer qui assumait les rôles de mécanicien de locomotive et de chef de train. Un examen des données qualitatives indique que les membres des sous-groupes avaient parfois de la difficulté à déterminer les rôles, en particulier si les voix des membres de l'équipe ne leur étaient pas familières, étant donné que la lecture se faisait un seul canal de microphone à

la fois. On a noté que l'examen simultané des deux canaux audio de microphone pourrait sans doute résoudre ce problème.

Avec les images de caméra vidéo orientée vers l'avant, tous les systèmes EAVL ont permis à l'observateur de repérer les cas où on a réagi aux signaux.

L'évaluation a tenté de déterminer si les enregistrements pourraient servir à cerner des exemples de CRM. On a relevé de nombreux cas de bonnes pratiques de CRM, en particulier avec les systèmes EAVL qui comprenaient une composante audio. Les exemples cités comprenaient : la résolution de problème efficace; les conversations sur les opérations; la planification; la communication de conseils, directives et observations; le leadership (comme en font foi les discussions de l'équipe à propos de situations inattendues). Il était moins facile d'évaluer la CRM au moyen des systèmes vidéo seulement, car il n'était pas possible de déterminer les paroles échangées. Il était moins probable qu'on juge le système vidéo seulement du chemin de fer C (barres rouges) propre à repérer les signes de CRM. L'examen des cotes qualitatives pour ce système montre que ses limites sont surtout attribuables à l'obstruction du champ de la caméra par les pare-soleil abaissés, et non à des limites techniques du système.

3.3.2 *Détermination des comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité*

Selon le système EAVL, la liste de contrôle des comportements demandait s'il était possible d'évaluer la présence d'un problème lié aux facteurs humains au moyen d'indices auditifs (comme la parole), visuels (comme le mouvement oculaire) et physiques (comme la posture).

On a examiné la capacité des 4 systèmes EAVL de permettre la reconnaissance de problèmes liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité. Cet examen a révélé que c'était au moins « éventuellement possible » dans presque tous les enregistrements lorsque tous les types d'indices (sonores, visuels et physiques) étaient pris en compte.

On a évalué les éléments de facteurs humains ci-après durant l'examen des divers types d'enregistrements de bord :

- stress;
- vigilance/fatigue;
- charge de travail;
- conscience situationnelle;
- distraction/inattention.

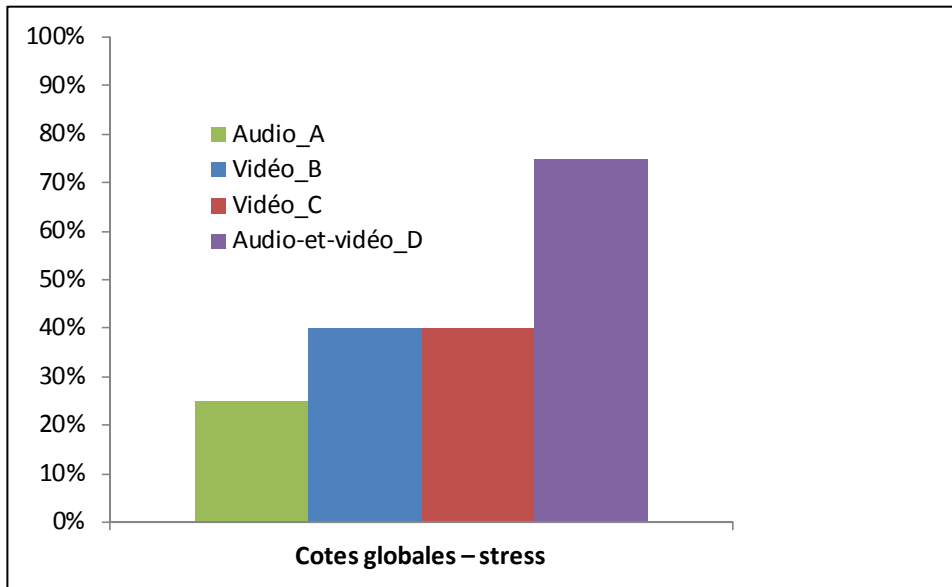
3.3.2.1 *Détermination des éléments de stress*

La figure 3 montre la proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettaient de reconnaître avec certitude (cote « possible ») des éléments de stress chez les membres de l'équipe. On a jugé qu'environ la moitié des enregistrements seulement permettaient de le faire. La proportion variait d'environ 25 % pour les enregistrements

audio, à 40 % pour les enregistrements vidéo, et à 75 % pour les enregistrements vidéo et audio.

La plupart des sous-groupes ont noté que, pour évaluer plus exactement le niveau de stress des membres de l'équipe à partir d'un enregistrement, il faudrait pouvoir comparer cet enregistrement à une période de référence sans stress.

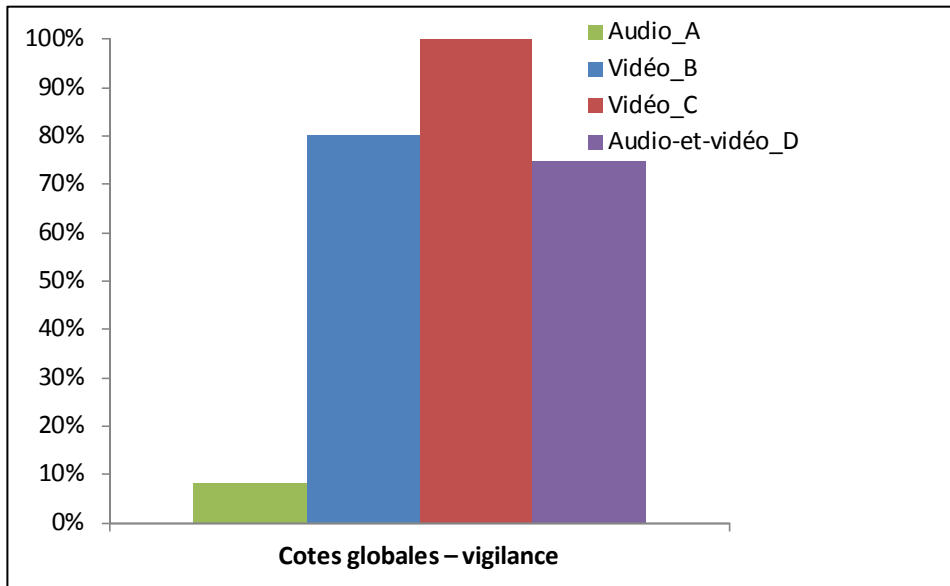
Figure 3. Proportion des enregistrements qui permettaient de reconnaître les éléments de stress



3.3.2.2 Détermination des éléments de vigilance/fatigue

La figure 4 montre la proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettaient de reconnaître avec certitude les éléments de vigilance ou de fatigue des membres de l'équipe. Pour l'ensemble des systèmes, on a jugé qu'environ 65 % des enregistrements permettaient de le faire. Les enregistrements du système audio seulement étaient moins susceptibles d'obtenir une évaluation positive.

Figure 4. Proportion des enregistrements qui permettaient de reconnaître les éléments de vigilance/fatigue



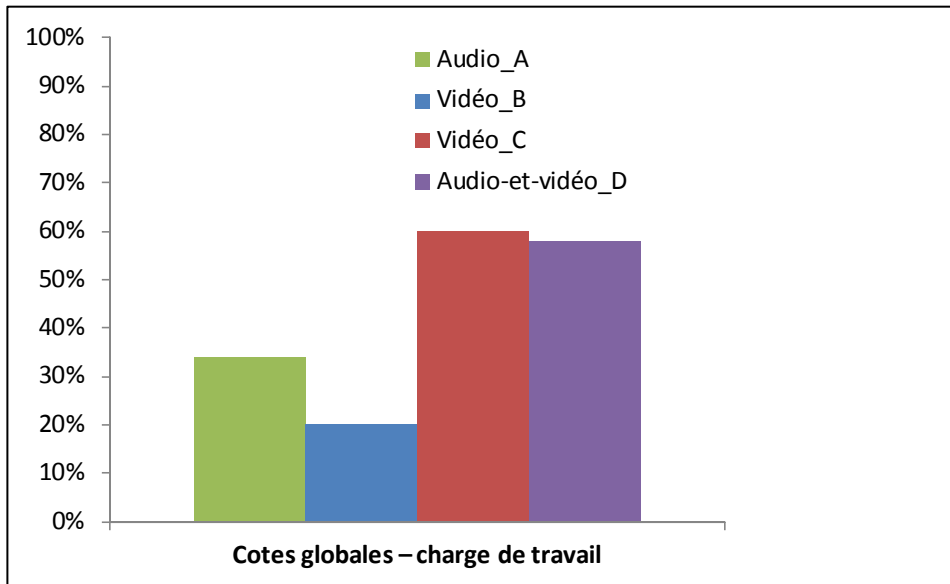
Plusieurs sous-groupes ont noté que les signes visuels et physiques de la vigilance (fréquence et la durée de fermeture des paupières, hochements de tête, bâillements, étirements) étaient les indices les plus importants et les plus révélateurs pour évaluer la fatigue. Quoique certains indices auditifs de la fatigue puissent également être révélateurs (bâillement, étirements ou déclarations de fatigue), ceux-ci n'ont pas été constatés aussi souvent.

Il est important de noter que les sous-groupes ont pu relever plusieurs cas de fatigue parmi les membres de l'équipe lorsque les systèmes EAVL permettaient l'enregistrement vidéo à bord. Par exemple, dans 4 enregistrements, on a vu des membres de l'équipe fermer les yeux, piquer du nez et faire un microsommeil de quelques secondes. Dans 2 enregistrements, on a vu un membre de l'équipe dormir durant une longue période.

3.3.2.3 Détermination des éléments de charge de travail

La figure 5 montre la proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettaient de cerner avec certitude les éléments de charge de travail. Pour l'ensemble des systèmes, on a jugé qu'environ de 43 % des enregistrements permettaient de le faire. Les enregistrements du système vidéo seulement du chemin de fer B étaient moins susceptibles d'être évalués ainsi.

Figure 5. Proportion des enregistrements qui permettaient de cerner les éléments de charge de travail



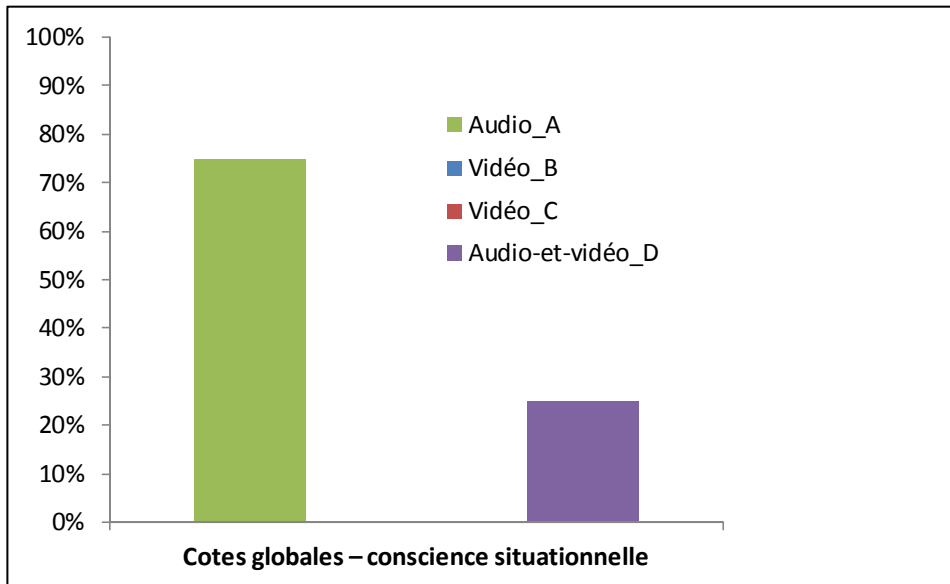
Comme dans le cas de l'évaluation du niveau de stress, la plupart des sous-groupes ont noté que, pour évaluer plus exactement la charge de travail des membres de l'équipe à partir d'un enregistrement, il faudrait pouvoir comparer cet enregistrement à une période de référence à faible charge de travail.

Les enregistrements contenant aussi bien des images vidéo que la parole étaient les plus utiles pour déterminer le nombre de tâches que les membres de l'équipe effectuaient simultanément. Les tâches supplémentaires qu'on a repérées sur les enregistrements comprenaient : conversations sur les opérations et sur d'autres sujets, écriture, lecture, utilisation de la radio, manipulation des commandes de locomotive. Les sous-groupes ont souligné que les données vidéo doivent être de bonne qualité et offrir un angle de vue adéquat et une couverture suffisante des membres de l'équipe pour pouvoir faire une évaluation exacte du niveau d'activité et du nombre de tâches effectuées.

3.3.2.4 Détermination des signes de conscience situationnelle

La figure 6 montre la proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettaient d'évaluer les signes de conscience situationnelle des membres de l'équipe. Pour l'ensemble des systèmes, on a jugé qu'environ 25 % seulement des enregistrements permettaient de le faire. On a établi qu'aucun des enregistrements des 2 systèmes vidéo seulement ne permettait de cerner les signes de conscience situationnelle.

Figure 6. Proportion des enregistrements qui permettaient de cerner des signes de conscience situationnelle

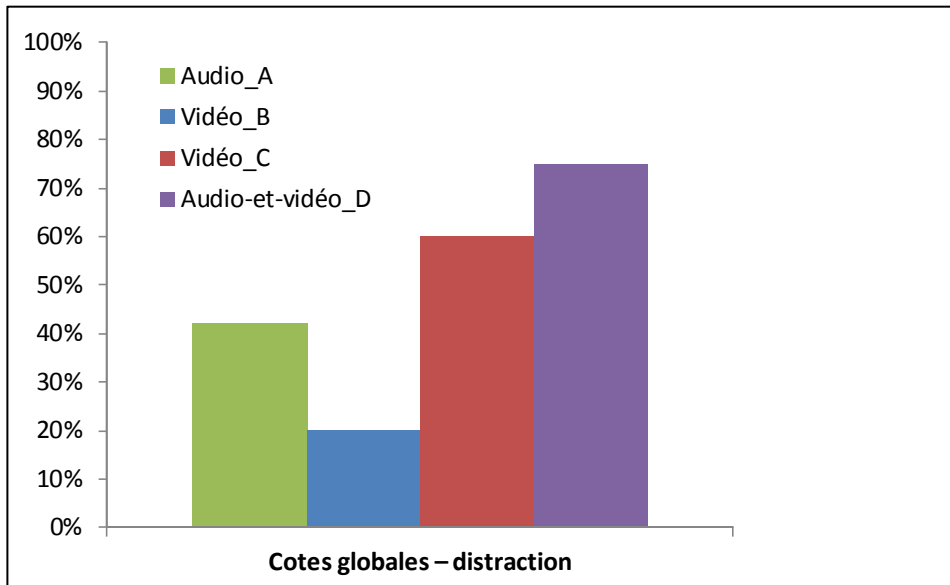


Ces résultats indiquent qu'il peut être difficile d'évaluer la conscience situationnelle de l'équipe de conduite uniquement à partir de données vidéo. Ils indiquent également que la conscience situationnelle comprend probablement une composante auditive qu'on pourrait utiliser plus efficacement pour cette évaluation. Selon les résultats du système audio seulement en comparaison de ceux du système vidéo/vidéo, il semble qu'il y ait des différences dans la qualité des données audio recueillies par ces systèmes. Plus précisément, le sous-groupe a relevé que la qualité des données audio du système vidéo/audio était plus problématique que dans celles du système audio seulement.

3.3.2.5 Détermination des signes de distraction/inattention

La figure 7 montre la proportion des enregistrements de chaque système EAVL qui permettaient de repérer avec certitude les signes de distraction ou d'inattention. Pour l'ensemble des systèmes, on a jugé qu'environ 50 % des enregistrements permettaient de le faire, et les enregistrements de tous les systèmes ont reçu une évaluation positive. Divers comportements secondaires de membres de l'équipe ont été constatés, notamment : manger, boire, s'habiller, avoir des conversations autres que sur les opérations, se tenir debout, gesticuler à d'autres équipes, nettoyer l'aire de travail, fouiller dans des sacs ou sacs à dos et mâcher du tabac. On a noté que certains des comportements secondaires observés étaient contraires aux politiques de la compagnie. Par exemple, quelques enregistrements montraient un membre de l'équipe qui fumait, un montrait un membre de l'équipe qui tenait et manipulait un téléphone mobile personnel, un autre, un membre de l'équipe qui vapotait, et 2 enregistrements, un membre de l'équipe qui dormait.

Figure 7. Proportion des enregistrements qui permettaient de repérer des signes de distraction/inattention



3.4 Résultats de l'évaluation des avantages pour la sécurité

L'étude du CCSF (annexe H) a confirmé les avantages de ce type de technologie EAVL pour les enquêtes. Elle a aussi permis de conclure que le scénario qui offrait le meilleur profil coûts-avantages pour le secteur ferroviaire était celui qui permettrait aux exploitants d'utiliser les enregistrements pour améliorer la sécurité, à l'aide de contrôles aléatoires de la sécurité et de la conformité.

Les résultats de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels présentent des exemples clairs de la façon dont des EAVL peuvent être utilisés pour recueillir des renseignements sur les enjeux liés aux facteurs humains et opérationnels. Quoique les enregistrements qui ont été évalués durant cette étude ne comprenaient aucune situation d'urgence, les renseignements qu'ils contenaient étaient représentatifs de ce qui serait requis pour mener des enquêtes, y compris pour cerner les facteurs sous-jacents des actions dans la cabine de locomotive.

L'alinéa 2.2.2 du présent rapport indique des utilisations potentielles de la technologie EAVL dans le contexte d'un SGS. Les résultats de l'évaluation des facteurs humains et opérationnels montrent la possibilité de cerner la présence d'enjeux pertinents relatifs aux manœuvres opérationnelles et aux facteurs humains. On doit toutefois souligner que pour tirer des conclusions décisives de ces enregistrements, il pourrait être nécessaire de valider ces types d'évaluations, par exemple en comparant les résultats aux données de CEL ou d'entrevues avec des employés.

Des exploitants américains ont exposé d'autres utilisations des EAVL au groupe de travail. Par exemple, les EAVL pourraient servir comme moyen de dissuasion et d'enquête à l'égard d'activités criminelles, et ainsi protéger les mécaniciens de locomotive. Des membres du

groupe de travail ont évoqué des idées semblables durant des discussions sur l'utilisation à bon escient des EAVL.

On a préparé un résumé des opinions de chaque organisation participante sur l'utilisation des enregistrements EAVL et sur la conciliation de ces différentes opinions au cas où on permettrait un recours accru à cette technologie.

Les principaux thèmes de la discussion sur le recours accru étaient la vie privée, la confiance et les mesures disciplinaires. Il s'agissait là aussi de points clés des discussions en table ronde multimodale sur les enregistreurs audio-vidéo⁴³, au Sommet du BST sur la sécurité des transports. Tant au Sommet sur la sécurité qu'à la réunion du groupe de travail, la culture de sécurité d'une compagnie était, de toute évidence, au cœur des préoccupations sur le recours accru aux enregistreurs de bord.

Lors de l'établissement des liens entre ces thèmes et les commentaires des membres du groupe de travail, on a résumé et anonymisé les réponses au besoin. Ainsi, on a pu faire une synthèse utile des commentaires et éviter les répétitions inutiles de même que le risque de trahir les nuances de l'opinion d'organisations particulières.

Les sujets abordés dans la présente section représentent les points de vue de la majorité des membres du groupe de travail. Un participant du groupe a dit que son organisation appuyait sans réserve l'usage d'enregistreurs de bord dans le cadre de la réglementation du BST en vigueur. Par contre, il ne pouvait formuler de commentaire sur une ou l'autre forme de recours accru à des enregistreurs, qui dépasserait le cadre de la réglementation et des lois actuelles. Il a toutefois présenté la position de son organisation sur la vie privée relativement à ces enregistrements, laquelle a été incluse dans ce résumé.

3.4.1 *Gestion proactive de la sécurité*

Les exploitants du secteur ferroviaire considèrent qu'il est nécessaire d'accroître le recours aux EAVL. Ils estiment que d'importants progrès ont été réalisés en sécurité ferroviaire, mais que pour progresser encore, il faut de nouveaux outils. Des percées ont été réalisées dans de nombreux aspects du secteur ferroviaire, comme la sécurité des systèmes mécaniques et la technologie de détection des défauts dans l'infrastructure de voie, mais les causes sous-jacentes du comportement humain demeurent méconnues.

Certains exploitants doivent composer avec une forte croissance et un important roulement de personnel. Ils doivent donc être sensibles aux défis que devront relever les nouveaux employés. Des systèmes de sécurité doivent être prévus pour soutenir le personnel relativement inexpérimenté. Également, alors que certains exploitants passent à de nouvelles activités ou mettent en œuvre des changements opérationnels, il faut de nouveaux outils pour comprendre et maintenir la sécurité dans un environnement en évolution.

⁴³ « Utilisation des enregistreurs de la voix et des vidéos : Équilibre entre les droits et les obligations? » Séance en atelier n° 4, avril 2016, Sommet du BST sur la sécurité des transports, Ottawa (Ontario).

Les exploitants qui transportent des passagers ont souligné la nécessité d'utiliser les meilleurs outils de sécurité qui soient, du fait qu'ils transportent « la plus précieuse des cargaisons ». Les transporteurs de fret avaient le même souci pour leurs équipes et les collectivités que traversent leurs trains. Pour les exploitants, il est inacceptable de ne pas connaître la cause d'un accident ou d'un incident. Selon eux, le public s'attend à ce qu'ils utilisent les EAVL pour améliorer la sécurité de façon proactive.

La réduction des risques est un élément clé de l'approche des exploitants ferroviaires en matière de sécurité. Pour mettre en œuvre des mesures d'atténuation des risques, ils doivent repérer les conditions dangereuses et les causes sous-jacentes des actions dangereuses. Les EAVL sont considérées comme un élément clé pour comprendre les actions des équipes. Ils fourniraient aussi des éclaircissements sur les facteurs du système qui conditionnent ces actions, et aideraient ainsi les exploitants à atténuer les risques. Les EAVL pourraient permettre de mieux comprendre non seulement les quasi-accidents, mais aussi les activités normales.

Le groupe de travail a discuté d'utilisations possibles des enregistrements de EAVL qui permettraient :

- de comprendre les activités dans la cabine de locomotive;
- d'orienter le changement de comportement;
- de repérer et récompenser les meilleures pratiques;
- de cerner les comportements risqués, et ensuite éduquer, former et établir des procédures;
- d'appliquer des mesures disciplinaires progressives.

3.4.1.1 *Comprendre les activités dans la cabine de locomotive*

On considère les activités dans la cabine de locomotive comme étant un « trou noir », soit une grave faille dans les occasions d'atténuer les risques. On a dit que pour réaliser des progrès en sécurité, il faudrait proactivement obtenir plus d'information sur les détails et nuances des pratiques de conduite. Les enregistrements permettraient de mieux comprendre les activités réelles, ce qui serait plus utile que des études sur simulateur pour améliorer la sécurité et les environnements de travail.

Toutes les parties appuient sans réserve l'utilisation des EAVL pour enquêter sur les accidents en vertu de la loi en vigueur.

On a fait valoir que chaque année, le BST n'enquête que sur une petite proportion des événements ferroviaires. Le secteur souhaite non seulement adopter une approche plus proactive en vue de reconnaître les dangers, mais également analyser davantage de situations afin de mieux comprendre la sécurité. Cette approche proactive pourrait ensuite réduire la nécessité d'enquêtes réactives.

Au sujet du bien-fondé d'une approche proactive, on a dit que lorsqu'un accident se produit, il est peu probable qu'il s'agisse du premier cas d'une action dangereuse. Il est plus plausible

qu'il y ait eu des cas antérieurs, c'est-à-dire des « habitudes », qui auraient pu être repérées avant l'événement.

Tous les exploitants ont dit que les enregistreurs devraient être en marche aussi longtemps que la locomotive l'est, que le train soit en mouvement ou stationnaire. Personne n'appuyait l'utilisation de systèmes EAVL uniquement durant la circulation dans des endroits plus risqués, comme les zones de vigilance absolue⁴⁴.

On a cerné divers scénarios où il serait utile d'analyser les enregistrements :

- le suivi d'événements constatés grâce aux données d'autres systèmes, comme les alertes Wi-Tronix ou un freinage d'urgence déclenché par l'équipe de conduite;
- la surveillance aléatoire pour cerner des tendances, comme des comportements potentiellement risqués;
- le contrôle de l'efficacité des activités de gestion du changement, comme l'ampleur du changement dans les pratiques de conduite pour satisfaire à de nouvelles procédures.

De façon générale, les analyses visaient à mieux comprendre les activités, y compris les interactions dans la cabine de locomotive. On a affirmé sans ambages que l'analyse des enregistrements exige énormément de travail et le stockage d'importantes quantités de données. Par conséquent, les enregistrements ne serviraient pas au contrôle intégral de la conformité.

Les exploitants étaient d'avis que leurs essais en étaient toujours à l'étape de projet pilote. Leur façon d'aborder l'analyse évoluerait sans doute à mesure qu'ils comprendront mieux les avantages et les approches.

Les exploitants ont désigné un certain nombre de sujets qu'ils souhaitent mieux comprendre afin d'améliorer la sécurité :

- la gestion des ressources des équipes;
- les enjeux liés à la fatigue;
- les enjeux liés à l'établissement des horaires de travail;
- les environnements de travail des équipes de conduite.

À la discussion sur ces sujets s'est ajoutée l'énumération de changements proactifs possibles pour :

- combler les lacunes en formation;

⁴⁴ La traversée d'une zone de vigilance absolue (ZVA) est un moment difficile à l'intérieur de la cabine, puisque l'équipe doit accomplir plusieurs tâches simultanément. Lorsqu'une ZVA est en vigueur, les communications à l'intérieur de la cabine de locomotive, y compris les communications radio, sont limitées aux responsabilités immédiates de conduite du train. Il incombe aux équipes de conduite d'utiliser la ZVA dans toutes les situations jugées « critiques » pour leur mouvement.

- développer et implanter de nouvelles technologies;
- changer les procédures et les règles opérationnelles;
- modifier la vérification de la conformité des équipes de conduite sur le terrain;
- fournir de l'encadrement professionnel;
- créer des bulletins éducatifs;
- mener des campagnes de sensibilisation aux règles.

3.4.1.2 *Orienter le changement de comportement*

Plusieurs exploitants ont mentionné, exemples à l'appui, l'efficacité reconnue de la simple présence de méthodes d'observation, telles que caméras, détecteurs de vitesse et voitures de police garées, pour accroître le respect des lois et règles. Cette présence a également un effet dissuasif; par exemple, l'utilisation de caméras aide à contrer le vol à l'étalage ou le non-paiement du trajet dans les transports en commun.

Aucune information n'a été fournie durant la discussion du groupe de travail sur la durabilité ou les paramètres de cet effet. Toutefois, on a noté qu'aucun signe d'effet dissuasif n'a été constaté durant les essais de EAVL. On a avancé qu'à la longue, les équipes de conduite se familiariseraient avec ces systèmes ainsi qu'à leurs avantages et s'y habitueraient, et que la présence d'enregistreurs influencerait moins sur leur comportement.

On a noté que des enregistreurs sont déjà présents dans d'autres modes de transport et qu'on leur a reconnu des effets positifs. Par exemple, une thèse de maîtrise⁴⁵ sur les effets de l'utilisation d'enregistrements vidéo événementiels sur la sécurité à bord d'autobus urbains rend compte de ces effets positifs. Dans le mode aérien, où on utilise les CVR, le fait d'être observé ne semble pas influencer outre mesure les comportements. Cependant, cela s'explique peut-être du fait qu'à l'heure actuelle, seul le BST peut utiliser les renseignements des CVR, pour enquêter sur les accidents.

Les exploitants estiment que si les équipes de conduite croient qu'elles pourraient être surveillées en tout temps, cela entraînerait une baisse des actions dangereuses, comme utiliser un téléphone mobile, omettre d'annoncer des signaux et accueillir dans la cabine de personnes non autorisées.

3.4.1.3 *Repérer et récompenser les meilleures pratiques*

Plusieurs opinions ont été présentées sur la question de récompenser les meilleures pratiques. On a noté que les enregistrements permettraient de reconnaître les types d'activités que pratiquent certains membres de l'équipe pour mieux se conformer aux règles et procédures en vigueur, comme demeurer alerte mentalement et physiquement. Selon une des opinions, récompenser les meilleures pratiques aiderait la compagnie à découvrir de

⁴⁵ M.A. Litschi, *Video-Based Driver Risk Management Systems: Evaluating Effectiveness at Improving Transit Safety*, thèse de maîtrise ès sciences, Mineta Transportation Institute, San José State University, 2011.

nouvelles façons de travailler, étant entendu que des membres d'une équipe pourraient avoir développé une meilleure pratique au fil des ans. On a aussi fait valoir que les technologies d'enregistrement permettraient aux compagnies de mieux comprendre l'environnement de cabine et ainsi d'offrir un meilleur environnement de travail.

On a noté que les membres d'une équipe pourraient percevoir les occasions de perfectionnement comme ayant un impact négatif. Par exemple, les exploitants pourraient cerner des processus qui auraient été mis au point par une équipe de conduite et qui pourraient être plus sûrs et plus avantageux pour tous les employés de conduite. Les autres équipes devraient alors changer leur façon de travailler pour mettre en œuvre le processus plus sûr.

3.4.1.4 *Cerner les comportements risqués, et ensuite éduquer, former et établir des procédures*

On considère le repérage de comportements risqués comme étant l'inverse du repérage de meilleures pratiques. Une partie de la discussion a porté sur le repérage de personnel « rebelle », des employés ayant à l'insu de la compagnie des comportements qui ne respectent pas les règles et procédures (infractions volontaires). En comparaison, la discussion sur le repérage de meilleures pratiques a porté davantage sur les comportements que sur les individus. Par exemple, plusieurs exploitants ont signalé les infractions à la Règle 42 comme étant un comportement risqué.

Comme mesure de suivi après le repérage de comportements risqués, on a proposé d'éduquer, de modifier la formation et d'établir des procédures. Les mesures prises dépendraient de la cause profonde du comportement et de l'approche générale qu'adopterait la compagnie par rapport au changement de comportement.

3.4.1.5 *Mesures disciplinaires progressives*

Tous les exploitants estimaient nécessaire de prévoir un suivi comprenant l'application de mesures disciplinaires progressives, si nécessaire, comme conséquence aux comportements observés dans les enregistrements. Durant la discussion, on a noté que la culture de sécurité pourrait déterminer dans quelle mesure on juge nécessaires des mesures disciplinaires pour changer des comportements.

On a exprimé une grande diversité d'opinions fermes qui reflétaient les différentes cultures de sécurité des organisations individuelles représentées au sein du groupe de travail. Certains exemples de déclarations fermement en faveur de mesures disciplinaires disaient que celles-ci étaient absolument indispensables et que les conséquences font partie du tissu de notre société. On a dit qu'il ne devrait y avoir aucune différence entre responsabiliser les employés à l'égard de la conformité aux règles et les responsabiliser quand des enregistrements sont présents et utilisés. Un exploitant a affirmé qu'il était injustifiable de tolérer un comportement dangereux de la part d'une équipe de locomotive, ou de ne pas prendre des mesures correctives appropriées, y compris en imposant des conséquences opportunes en cas de négligence volontaire. La négligence volontaire et la décision d'un employé de s'exposer ou d'exposer le public à un risque sont matière à mesure disciplinaire, a-t-on estimé.

Certaines déclarations, qui insistaient moins sur le besoin de mesures disciplinaires, faisaient valoir qu'il pourrait y avoir d'autres moyens d'agir face aux pratiques dangereuses répétées d'un employé. Dans ces situations, on voyait les mesures disciplinaires comme faisant partie du SGS (c'est-à-dire qu'elles seraient appliquées dans le contexte d'une culture juste). Ces exploitants veulent enrayer les comportements inappropriés, mais affirmaient qu'il n'était pas nécessaire de recourir à des mesures punitives. Certains exploitants ont indiqué que, pour autant que le comportement change, ils accepteraient une méthode « douce, consensuelle » pour résorber les comportements inappropriés.

Le sujet des mesures disciplinaires progressives est celui qui a suscité le plus de divergences dans les commentaires des exploitants. Les commentaires des uns et des autres reflétaient leur approche de la sécurité – leur culture de sécurité. Ils étaient donc liés aux notions de confiance entre les employés et la direction, aux causes profondes des comportements et aux meilleures façons de réaliser un changement à long terme.

Personne n'a contesté la nécessité d'agir si on couvre ou endommage volontairement une caméra de EAVL, car un tel geste réduirait la possibilité de tirer des leçons d'un accident.

Un autre avantage des enregistrements de EAVL est qu'ils constitueraient un dossier factuel clair qui serait souvent à l'avantage des employés, par exemple dans un incident qu'on pourrait facilement interpréter à tort comme un acte blâmable.

Un membre du groupe de travail a illustré ses propos en citant les commentaires d'exploitants d'autobus dans une étude événementielle sur la présence de caméras à bord d'autobus urbains⁴⁶. Dans ce cas, a-t-il dit, « l'implantation de caméras DriveCam uniquement comme outil de formation, sans volet disciplinaire, n'était probablement pas la meilleure façon d'utiliser ce système ». Ce membre du groupe de travail a ajouté que, toujours selon l'étude en question, « une approche de la carotte et du bâton, qui équilibrait des mesures disciplinaires en cas de comportement dangereux au volant saisi par le système DriveCam en prévoyant aussi un programme de récompenses pour de bons comportements, a entraîné les plus grands changements ».

Un membre du groupe de travail a souligné que les déclarations volontaires avaient beaucoup augmenté après l'implantation d'enregistreurs de bord. On a conclu que, combiné à la présence d'enregistreurs et l'impression d'être observé, ce fait pourrait réduire les occasions où on envisagerait des mesures disciplinaires progressives.

3.4.2 Conciliation des opinions

Les déclarations des exploitants et des représentants des employés ont fait ressortir deux points de vue différents. Si les exploitants voient une utilisation élargie comme étant nécessaire pour justifier l'installation de EAVL, les représentants des employés étaient

⁴⁶ M.A. Litschi, *Video-Based Driver Risk Management Systems: Evaluating Effectiveness at Improving Transit Safety*, thèse de maîtrise ès sciences, Mineta Transportation Institute, San José State University, 2011.

préoccupés par l'incidence sur la vie privée et par la nécessité de rigoureuses mesures de protection pour empêcher l'utilisation inappropriée des enregistrements. Durant les discussions du groupe de travail, les représentants des employés ont indiqué que les moyens de résoudre les enjeux liés à la vie privée dépassaient le cadre de la présente étude.

Cependant, d'après la nature des commentaires des exploitants, il était évident que les opinions qu'ils exprimaient à propos des moyens de concilier les opinions sur l'utilisation à bon escient tenaient compte des positions divergentes. La nature de plusieurs de ces déclarations indiquait des suggestions pour concilier les divergences et permettre une utilisation élargie des enregistrements de bord. Les commentaires recueillis sont résumés sous les thèmes suivants :

- technologie;
- accès aux enregistrements de bord;
- vie privée;
- surveillance de l'utilisation des enregistrements de bord;
- gestion du changement et confiance.

3.4.2.1 *Technologie*

L'opinion générale était que les caméras devraient être en marche en tout temps après le démarrage de la locomotive, car personne ne peut prévoir s'il y aura un accident et quand un enregistrement pourrait être essentiel à une enquête. Toutefois, on a aussi fait valoir qu'une compagnie devrait pouvoir déterminer les circonstances où des enregistrements sont nécessaires, selon ses besoins de sécurité. Par exemple, des critères pourraient spécifier l'enregistrement lorsqu'un train dépasse une vitesse minimale.

Pour ce qui est de la durée de la boucle d'enregistrement, les suggestions ont varié de 72 heures à 7 jours. Par ailleurs, on a recommandé le chiffrement des enregistrements afin de protéger la vie privée. En revanche, les exploitants ne considéraient pas que l'anonymisation des employés dans les enregistrements est appropriée. Ils estiment que l'environnement de travail comporte des attentes réduites en matière de respect de la vie privée.

Il était évident pour les exploitants que les enregistrements vidéo et audio permettent de réaliser des analyses approfondies. On a noté qu'à l'heure actuelle, les enregistrements des conversations pourraient poser certains problèmes dans les trajets aux États-Unis.

Les exploitants voyaient de grands avantages dans une norme technologique minimale commune qui établirait les méthodes de production d'enregistrements utiles, comme une norme sur l'éclairage infrarouge garantissant un enregistrement vidéo réussi la nuit dans les cabines de locomotives. Par contre, on a aussi fait valoir que des variations locales devraient être permises pour tenir compte d'autres exigences opérationnelles.

Les enregistrements exigent d'énormes capacités de stockage, ce qui pourrait être problématique à long terme étant donné la technologie actuelle.

3.4.2.2 *Accès aux enregistrements de bord*

Le sujet de l'accès aux enregistrements de bord a été relié à la confiance et au respect de la vie privée. On a discuté d'approches possibles pour limiter l'accès et élaborer des protocoles et des ententes pour déterminer qui collaborerait avec les syndicats.

Au cours des discussions, les exploitants ont abordé les questions suivantes :

- Le visionnement des enregistrements serait vraisemblablement considéré comme une activité pour gestionnaires, au siège social, parfois limitée à l'équipe d'analyse de la sécurité opérationnelle.
- Une matrice d'accès combinée à un processus d'approbation limitant l'accès d'après la fonction technologique et de direction est considérée comme un outil utile. Par exemple, dans une des compagnies, le personnel sur le terrain n'a pas accès à la caméra orientée vers l'avant. Pour ce qui est des analyses, l'utilisation des renseignements EAVL serait réservée à l'équipe SGS. Par contre, au cas où une enquête serait nécessaire à des fins disciplinaires, les syndicats seraient appelés à intervenir, et toutes les parties concernées seraient informées. Certains exploitants envisageaient une plus grande participation des syndicats dans tout le processus d'analyse.
- Il faudrait déterminer les limites d'accès avant l'implantation, de manière à gagner la confiance. Selon les ententes locales conclues avec les syndicats et les entrepreneurs et selon la nature d'un incident particulier, on pourrait accorder l'accès aux deux parties.
- Une procédure de contrôle de la chaîne de possession après l'accès initial pourrait être un outil utile.
- Les procédures d'accès pourraient évoluer avec le temps, à mesure que s'établit la confiance. On a affirmé que les compagnies qui utiliseraient cette technologie efficacement et équitablement à des fins de sécurité seraient, aux yeux des travailleurs, des employeurs de choix. La façon la plus efficace d'élaborer des procédures serait de collaborer avec les syndicats, afin de gagner la confiance.
- Des contrôles sont nécessaires pour garantir que la gestion sûre des systèmes EAVL, dans le cadre du SGS, incombera à des responsables soigneusement choisis de la compagnie. Toutefois, les procédures d'accès devraient être en harmonie avec les préoccupations de sécurité et les ressources particulières des compagnies.
- Les renseignements des EAVL ne serviraient pas à cibler un employé, une ethnie ou un sexe particulier ni à voir des endroits à l'intérieur de la cabine qui ne sont pas afférents au travail du conducteur.

3.4.2.3 *Vie privée*

Les représentants des employés ont énoncé clairement leur position relativement à la vie privée et aux enregistreurs. Ils ont affirmé que la distinction entre les lieux publics et privés, et les attentes par rapport à la vie privée en milieu de travail, sont des questions qui concernent aussi d'autres modes de transport et tous les Canadiens, et que ces questions

dépassent le cadre de la présente étude de sécurité. Toute décision relative à ces questions exigerait la consultation du Commissariat à la protection de la vie privée.

On a dit qu'il était peu probable qu'une solution unique réponde à toutes les situations, étant donné les grandes différences qui existent entre exploitants en matière de culture de sécurité, et la question du respect de la vie privée est étroitement liée à la confiance que ces enregistrements seront utilisés à bon escient. On a également dit qu'il faudrait protéger et circonscrire soigneusement et de façon appropriée l'utilisation des données EAVL dans le cadre du SGS d'un chemin de fer.

3.4.2.4 *Surveillance de l'utilisation des enregistrements de bord*

La plupart des commentaires sur la surveillance portaient sur la nécessité ou non d'établir des règlements sur l'installation de EAVL et sur l'ampleur du rôle de l'organisme de réglementation. Il n'y a pas eu de discussion sur une surveillance conjointe de l'implantation des EAVL par les syndicats et la direction, voire aussi l'organisme de réglementation, comme moyen d'établir la confiance dans l'utilisation des EAVL.

3.4.2.5 *Gestion du changement et confiance*

L'implantation d'une nouvelle technologie comporte toujours des défis, notamment l'acceptation de cette technologie relativement à la confiance et au respect de la vie privée. Un autre de ces défis consiste à assurer une évolution opportune de l'utilisation du système fondée sur une compréhension de ses avantages et désavantages, qui peut mener à des innovations et à une utilisation améliorée.

Durant et après les réunions du groupe de travail, on a émis des opinions divergentes sur les parallèles entre l'implantation des CEL et l'utilisation possible des EAVL. D'une part, on considère que les CEL procurent des avantages considérables au secteur ferroviaire en permettant l'analyse des opérations et des événements, et que les employés sont aujourd'hui habitués à leur présence. D'autre part, on a aussi fait valoir qu'au départ, les CEL ne devaient servir qu'aux enquêtes après un accident, mais qu'en accédant à distance à leurs données, on peut maintenant surveiller et vérifier en temps réel la conformité des employés. Ce changement influe sur la perception de confiance des employés quant à l'évolution de ce qui est considéré comme une utilisation acceptable. À l'heure actuelle, les employés et la direction considèrent les caméras orientées vers l'avant comme un atout pour la sécurité.

Il est essentiel de gagner la confiance à l'égard de l'utilisation des EAVL. À cette fin, on pourrait établir un essai à petite échelle pour voir comment les parties concernées pourraient traiter les différentes circonstances.

Si on souhaite utiliser les EAVL autrement que pour les enquêtes sur les accidents, la façon dont les compagnies géreront le changement et établiront la confiance et la collaboration des employés sera la clé d'une intégration utile des EAVL dans l'analyse des opérations et de la sécurité. Les moyens pour concrétiser cette intégration doivent prendre en compte les différentes cultures de sécurité des compagnies. Les exploitants comme les syndicats croient

qu'une approche passe-partout n'est peut-être pas la meilleure solution. Dans certains cas, une protection législative serait essentielle. Dans d'autres cas, une culture juste serait à la base d'une collaboration dans l'implantation des EAVL et le recours accru à ceux-ci.

4.0 Conclusions

4.1 Conclusions sur la technologie des enregistreurs audio-vidéo de locomotive

La présente étude de sécurité a atteint son objectif, soit de dégager de l'information sur la technologie EAVL déployée dans le cadre des essais en cours. L'étude ne visait pas à déterminer une spécification normalisée du système. Elle a cerné des enjeux clés à considérer touchant l'implantation de la technologie EAVL au Canada.

Quoique certaines des installations d'essai aient des caractéristiques en commun, les résultats montrent que les compagnies ont déployé une grande variété de technologies pour découvrir les meilleurs moyens de réaliser des avantages pour la sécurité.

Certains exploitants ont noté qu'il serait avantageux d'avoir une même spécification de base pour tous, par exemple en ce qui concerne l'enregistrement vidéo en situation de faible luminosité. Une spécification de base permettrait d'ajouter d'autres technologies, selon les exigences particulières des compagnies pour leurs activités et pour la collecte de données de sécurité.

Les conclusions concernant la technologie EAVL se divisent en 3 principales catégories :

- expérience préalable des enregistrements de bord;
- défis technologiques de la collecte de données;
- effets de la technologie sur l'analyse des données.

4.1.1 Expérience préalable des enregistrements de bord

Les conclusions suivantes se dégagent d'un examen de l'expérience préalable des enregistrements de bord :

- Il est nécessaire d'effectuer régulièrement des vérifications de maintenance pour assurer la qualité d'enregistrement.
- Des données cruciales risquent d'être perdues si le matériel du système ne satisfait pas à des normes de résistance à l'impact.
- L'ensemble du système, et non seulement les caméras et la mémoire, doit être solide, de sorte qu'on puisse constater immédiatement s'il est devenu inutilisable à cause d'une panne de courant ou d'autres défaillances.
- La durée d'enregistrement doit être suffisante pour empêcher que des événements importants soient effacés par des enregistrements ultérieurs durant un long trajet (de 16 heures ou plus, par exemple) ou lorsque le système est en marche alors que le train est immobile. La durée d'enregistrement devrait être à tout le moins égale à celle du CEL, qui doit être de 48 heures⁴⁷.

⁴⁷ Code of Federal Regulations, Part 229. 135(a) – Event recorders.

- Tout problème d'intelligibilité des enregistrements audio aurait une incidence considérable sur l'utilité des enregistrements et sur le temps et les ressources nécessaires pour les analyser.
- L'usage de microphones actifs améliore considérablement la qualité sonore des enregistrements et offrira probablement des avantages opérationnels en facilitant la communication dans des environnements de travail bruyants. Par exemple, plusieurs microphones pourraient être nécessaires pour obtenir une couverture complète et nette.
- Des canaux d'enregistrement distincts pour chaque membre de l'équipe, ainsi qu'un canal de microphone d'ambiance, améliorent la qualité des enregistrements.
- Il serait souhaitable de normaliser l'extraction et la lecture des données afin de réduire au minimum les problèmes liés à leur obtention et à leur examen.
- Il devrait être possible de synchroniser toutes les données enregistrées en utilisant une source horaire commune.
- Une documentation claire de l'information et des paramètres horaires recueillis est requise pour permettre une analyse complète et exacte.
- Un système qui combine des données et des enregistrements audio et vidéo doit fournir un moyen d'isoler facilement les renseignements protégés avant de rendre les données et l'enregistreur au propriétaire.
- Étant donné l'importante taille des fichiers, l'archivage d'enregistrements vidéo est plus compliqué.
- La technologie ne peut à elle seule empêcher une utilisation ou une divulgation inappropriée.
- S'il est impossible d'imposer à tous les fabricants un système commun d'extraction et de lecture des données, une spécification EAVL pourrait au moins comprendre des exigences fonctionnelles garantissant que des données ne sont pas perdues pendant la collecte, qu'elles sont faciles à recueillir et qu'elles peuvent être lues efficacement. Le système de lecture de chaque fabricant exige un logiciel et des câbles qui lui sont propres. Si l'unité mémoire de l'enregistreur est endommagée, il peut être très coûteux de transférer les données sur un autre système pour les récupérer.

4.1.2 Défis technologiques de la collecte de données

Les conclusions suivantes se dégagent sur les défis que pose la collecte de données pour la technologie EAVL :

- L'environnement de travail normal de la cabine comprend parfois un niveau d'éclairage réduit et un haut volume de bruit ambiant. Certaines technologies mises à l'essai n'ont pas toujours été à la hauteur de ces conditions exigeantes.
- Les caméras placées trop loin et qui ne permettaient pas de bien distinguer les visages n'ont pas pu fournir les données nécessaires pour cerner certains problèmes liés aux facteurs humains.
- Le positionnement des caméras n'a pas toujours permis d'enregistrer toutes les actions et manipulations des commandes des membres de l'équipe.

- Les microphones d'ambiance posaient problème. Le bruit ambiant élevé, en particulier quand le train accélérât, rendait les communications à l'intérieur de la cabine difficiles à comprendre, surtout avec un seul enregistrement. Il était également difficile de déterminer quelle personne parlait, car les voix n'étaient pas isolées sur un canal particulier.
- Dans un cas, on pouvait masquer les caméras en abaissant les pare-soleil.
- Pour discerner le plus efficacement les comportements, il est important de synchroniser la lecture des fichiers audio et vidéo. Tout système qui le fait automatiquement est préférable à un autre qui exige une synchronisation manuelle.
- Il peut être difficile de comprendre le sens des actions et des communications dans les enregistrements vidéo et vidéo, à moins que leur lecture ne soit synchronisée avec d'autres données, par exemple une caméra orientée vers l'avant, un CEL ou un GPS.
- La lecture des données sur un des systèmes était ponctuée d'interruptions, ce qui a compliqué leur interprétation. On ne sait pas si ces interruptions étaient attribuables à l'enregistrement, au logiciel de lecture ou à l'ordinateur de lecture.

4.1.3 Effets de la technologie sur l'analyse des données

Les conclusions suivantes se dégagent quant aux effets de la technologie sur l'analyse des données :

- Il était difficile d'évaluer certains comportements révélateurs de problèmes liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité à partir d'enregistrements vidéo seulement.
- Quoique les enregistrements vidéo permettent de cerner les manœuvres opérationnelles, comme l'utilisation de la radio ou la manipulation des commandes de locomotive, il est impossible d'obtenir une évaluation détaillée du comportement sans enregistrement audio ni données de confirmation complémentaires du CEL.
- On peut discerner la manipulation des commandes de locomotive au moyen d'enregistrements vidéo seulement; toutefois, il n'est pas toujours possible de distinguer les affichages ou la position des commandes.
- Un système qui permet à la fois les enregistrements vidéo et audio serait sans doute l'option la plus efficace pour évaluer le comportement des équipes de conduite sur le plan opérationnel et des facteurs humains. Par contre, il est important de noter que la technologie doit offrir un niveau de qualité suffisant pour produire des enregistrements fiables, nets et sans équivoque.
- La combinaison de données EAVL et d'une caméra orientée vers l'avant, préférablement complétées par des données CEL et GPS, procure un contexte très utile pour interpréter les enregistrements vidéo et audio. Dans la mesure du possible, il est préférable d'examiner les données audio et vidéo accompagnées d'autres renseignements contextuels.
- L'évaluation du comportement d'une équipe relativement à des facteurs comme la vigilance et le stress, peu importe le mode d'enregistrement, serait plus facile si les

examineurs avaient accès à d'autres enregistrements « de référence » à titre comparatif.

- Dans le présent essai, étant donné les limites de positionnement et de champ de vision des caméras, on a conclu qu'il est impossible d'évaluer les comportements révélateurs de problèmes liés aux facteurs humains qui comprennent un élément visuel (comme fermer les yeux à cause de la fatigue) si les angles de vue des caméras n'englobent pas les visages des membres de l'équipe ou si les caméras sont installées trop loin pour discerner nettement les expressions.

4.2 Conclusions de l'évaluation du contexte législatif et réglementaire

Le pouvoir réglementaire à l'égard des EAVL, y compris en ce qui concerne la gestion des renseignements qu'ils produisent, est prévu dans la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (articles 18 et 37). Toutefois, selon l'approche choisie, il pourrait s'avérer nécessaire de modifier la Loi et de prendre un nouveau règlement pour introduire une exigence relative aux EAVL.

L'article 28 de la *Loi sur le BCEATST* porte sur la protection des enregistrements de bord. Il aborde également l'accès à ces enregistrements et leur usage par le BST ainsi que d'autres accès et usages interdits. Le paragraphe 28(2) prévoit que :

- (2) Les enregistrements de bord sont protégés. Sauf disposition contraire du présent article, nul ne peut, notamment s'il s'agit de personnes qui y ont accès au titre de cet article :
- a) sciemment, les communiquer ou les laisser communiquer;
 - b) être contraint de les produire ou de témoigner à leur sujet lors d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

On s'est dit inquiet de l'interprétation éventuelle de ces restrictions selon laquelle elles ne vaudraient qu'en cas d'accident ou d'incident ou que si le BST a des motifs de croire qu'une situation pourrait, à défaut de mesure corrective, causer un accident ou un incident.

Toutes les parties concernées ont une opinion sur les questions juridiques et les droits des employés afférents au recours accru aux EAVL. Par exemple, on se dit inquiet du fait qu'une exigence réglementaire sur les EAVL pourrait porter atteinte aux droits des employés garantis par la Charte. Pour prévenir une telle atteinte et mettre en place les procédures voulues pour gagner la confiance, les parties concernées doivent établir ensemble des lignes directrices et des modalités d'un recours accru. Le succès de l'implantation de la technologie EAVL dépendra de l'atteinte du bon équilibre entre les droits et obligations des différents intervenants clés.

4.3 Conclusions de l'évaluation au sujet des facteurs humains et opérationnels

L'évaluation des EAVL dans l'optique des facteurs humains et opérationnels⁴⁸ a permis de déterminer dans quelle mesure 3 types de systèmes d'enregistrement (audio seulement, vidéo seulement ou les deux), combinés aux données CEL (lorsqu'on les examine) et aux caméras orientées vers l'avant (s'il y a lieu) peuvent servir à repérer des renseignements valides et fiables sur les facteurs humains et opérationnels.

L'évaluation des enregistrements de 4 systèmes EAVL différents a soulevé un certain nombre de questions concernant le mode d'enregistrement (audio ou vidéo), mais aussi des questions propres aux systèmes. Ensemble, ces renseignements permettent de tirer des conclusions générales sur l'efficacité de la technologie EAVL.

L'évaluation de ces conclusions doit tenir compte des aspects suivants des données :

- Les enregistrements retenus pour examen ne comprenaient aucune situation d'urgence ou anormale. Le présent rapport ne comprend aucune évaluation de l'utilité étendue des enregistrements à des fins d'enquête sur des accidents. En outre, l'utilité des données dans le cadre d'enquêtes n'a pas été examinée d'un point de vue technique, par exemple en ce qui concerne la facilité de récupérer les données, de synchroniser l'heure des enregistrements et de déterminer divers paramètres.
- Les essais ne se sont pas déroulés sur des locomotives de même type. De plus, on a utilisé différents microphones et différentes méthodes de filtrage du bruit de fond avec chaque système.
- Comme les enregistrements vidéo et audio n'étaient ni synchronisés avec ceux du CEL ni évalués par rapport à ceux-ci, les conclusions n'ont pas été validées avec ce type de données de locomotive. Par exemple, les indications audibles de manipulation des commandes de locomotive n'ont pas été vérifiées par rapport aux données du CEL.
- Si les enregistrements EAVL n'étaient pas déjà synchronisés avec les données GPS ou du CEL, aucune synchronisation ultérieure n'a été effectuée dans les activités d'évaluation. Les compagnies synchroniseraient probablement ces ensembles de données avant de faire une analyse plus détaillée d'un enregistrement.
- Les évaluations des interventions et comportements des équipes de conduite, y compris de ceux qui révélaient des problèmes liés aux facteurs humains, n'ont pas été

⁴⁸ Cette évaluation offre des éclaircissements utiles sur ce que l'on peut observer dans ces enregistrements ainsi que sur les caractéristiques des différents systèmes d'enregistrement. Ces enregistrements ne fournissent pas nécessairement d'évaluations probantes des comportements ou actions des équipes de conduite. S'ils sont utilisés à des fins d'enquêtes plus poussées, les observations peuvent être validées au moyen d'autres données, par exemple de CEL ou GPS, d'enregistrements de contrôle de la circulation ferroviaire et d'entrevues avec les membres d'équipe.

validées au moyen d'autres sources de données, comme des entrevues avec des membres de l'équipe, les données du CEL ou les horaires de service des équipes.

4.3.1 *Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements audio*

L'examen des enregistrements audio à bord de locomotives⁴⁹ a permis de conclure ce qui suit :

- Dans la mesure du possible, il est préférable d'examiner les enregistrements audio avec d'autres renseignements contextuels : les données du CEL et de la caméra orientée vers l'avant, les données GPS et les renseignements personnels (comme l'identification des voix enregistrées). L'évaluation serait plus facile en présence d'une personne ayant des connaissances en exploitation des chemins de fer.
- L'utilisation de données audio seulement permet de cerner uniquement les comportements qui comprennent un élément auditif.
- L'absence de conversation entre les membres de l'équipe compliquerait l'évaluation de nombreux comportements qui révèlent des problèmes liés aux facteurs humains.
- Il semble y avoir un élément auditif dans la conscience situationnelle, laquelle serait plus facile à évaluer au moyen de données audio, surtout de pair avec les données d'une caméra orientée vers l'avant.
- Le bruit ambiant de fond (en particulier celui du moteur de la locomotive) limite la netteté des enregistrements. L'utilisation de technologies pour atténuer ou filtrer automatiquement le bruit de fond serait avantageuse.
- On obtient une quantité notable de renseignements sur la façon dont l'équipe manipule diverses commandes de la locomotive ainsi que sur ses réactions aux signaux externes de contrôle des trains et aux alarmes sonores en examinant les données des enregistrements audio de bord de pair avec celles d'une caméra orientée vers l'avant. L'information est d'autant plus utile si on ajoute les données GPS et du CEL.
- Le système d'enregistrement et de lecture, y compris le logiciel de lecture, devrait avoir une capacité suffisante pour permettre l'examen des données vidéo et audio sans interruption.
- Dans le cas de certains enregistrements audio, il était impossible de déterminer précisément quels membres de l'équipe parlaient. On a proposé que les membres de l'équipe utilisent des casques d'écoute munis d'un microphone, semblables à ceux que portent les pilotes d'aéronefs, afin d'assurer la netteté des enregistrements.

4.3.2 *Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements vidéo*

L'examen des enregistrements vidéo de bord a permis de conclure ce qui suit :

- La configuration grand-angle d'une caméra suspendue permet de saisir tout l'environnement de la cabine de locomotive.

⁴⁹ Parfois, l'examen n'a porté que sur un seul des canaux audio. Cela pourrait influencer sur la capacité d'évaluer les comportements et les communications.

- Certains comportements qui révèlent des problèmes liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité sont difficiles à évaluer sans données audio complémentaires. Ceci est tout particulièrement vrai des enjeux qui comprennent un élément auditif, comme ceux liés à la gestion des ressources des équipes (CRM), à la conscience situationnelle et à certaines tâches secondaires qui peuvent être sources de distraction, comme les conversations.
- Dans la mesure du possible, il est préférable d'examiner les enregistrements vidéo avec d'autres renseignements contextuels. Il était plus facile d'évaluer les comportements révélateurs de problèmes liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité en regardant simultanément les enregistrements vidéo et l'enregistrement de la caméra orientée vers l'avant. Tout renseignement contextuel sur les membres de l'équipe et la géographie/l'emplacement de la voie aiderait aussi les examinateurs.
- Il était difficile d'évaluer le rendement opérationnel de l'équipe sans données audio complémentaires. Tel était le cas, en particulier, pour les annonces faites à travers la cabine et les réactions aux avertissements audibles.
- Quoique les enregistrements vidéo permettent de cerner le comportement global, comme l'utilisation de la radio ou la manipulation des commandes de locomotive, une évaluation détaillée du comportement est impossible sans enregistrement audio.
- On peut discerner la manipulation des commandes de locomotive au moyen d'enregistrements vidéo seulement; toutefois, il n'est pas toujours possible de distinguer les affichages ou la position des commandes.
- Dans l'essai en cours, étant donné les limites de positionnement et de champ de vision des caméras, on a conclu qu'il est impossible d'évaluer les comportements révélateurs de problèmes liés aux facteurs humains qui comprennent un élément visuel (comme fermer les yeux à cause de la fatigue) si l'angle de vue de la caméra n'englobe pas les visages des membres de l'équipe, ou si les caméras sont placées trop loin.
- La qualité et la couverture, y compris les angles de vue et le champ de vision, d'un système vidéo seulement influent sur la capacité des observateurs d'évaluer les comportements. Un système offrant l'image la plus complète et la plus directe des membres de l'équipe est le plus efficace.
- Les caméras vidéo munies d'une source de lumière infrarouge de grande qualité et sensible aux perturbations peuvent enregistrer durant les périodes de luminosité faible ou variable.
- Les enregistreurs vidéo doivent être d'une qualité (en termes de fréquence d'images d'enregistrement) et d'une résolution suffisantes pour permettre les évaluations.

4.3.3 *Évaluation des facteurs humains et opérationnels au moyen d'enregistrements vidéo et audio*

L'examen des enregistrements vidéo et audio de bord a permis de dégager les conclusions suivantes :

- Il est souhaitable d'examiner les fichiers dans le contexte fourni par une caméra orientée vers l'avant.
- Tout bien considéré, un enregistreur qui capte à la fois les images et le son serait sans doute l'option la plus indiquée pour évaluer le comportement des équipes de conduite sur le plan opérationnel et des facteurs humains. Cependant, il est important que la technologie soit d'une qualité convenable pour produire de façon fiable des enregistrements nets.
- L'évaluation du comportement d'une équipe relativement à des facteurs comme la vigilance et le stress, peu importe le mode d'enregistrement, serait plus facile si les examinateurs avaient accès à d'autres enregistrements « de référence » à titre comparatif.
- Pour discerner le plus efficacement les comportements, il est important de synchroniser la lecture des fichiers audio et vidéo. Tout système qui le fait automatiquement est préférable à un autre qui exige une synchronisation manuelle.

4.4 *Conclusions de l'évaluation des avantages pour la sécurité*

Les types de commentaires recueillis sur l'usage de EAVL illustrent les différences en matière de culture de sécurité parmi les exploitants. Ces commentaires variaient énormément. D'une part, ils exprimaient la valeur de l'EAVL pour repérer les « rebelles » parmi les membres des équipes, un manque de confiance quant à la conformité des équipes lorsqu'elles ne sont pas observées et le besoin de cerner les facteurs humains. D'autre part, ils exprimaient des opinions selon lesquelles les EAVL offrent une occasion de manifester un engagement envers la sécurité et d'attirer de bons employés, ils permettent de constater et d'encourager des pratiques de sécurité novatrices, et ils permettent d'améliorer l'environnement de travail des équipes et de cerner les aspects du système qui mènent à des erreurs.

La gestion de la sécurité comporte deux pôles – un qui jette le blâme et qui utilise les mesures disciplinaires pour éliminer les comportements dangereux, et l'autre qui est fondé sur la confiance et qui attribue les erreurs des employés au système dans lequel ils doivent travailler. La façon dont les compagnies se situent entre ces pôles dépend de leur culture de sécurité – la mesure dans laquelle elles ont mis en place une culture juste.

Toutes les parties s'accordaient pour dire que les EAVL procurent des avantages pour la sécurité, que le Commissariat à la protection de la vie privée devrait se pencher sur les droits au respect de la vie privée, et que le succès du déploiement de la technologie EAVL exigera qu'on limite son utilisation à des fins appropriées favorisant la sécurité. On a convenu qu'une norme technologique minimale serait un point de départ utile pour implanter les EAVL et améliorer la technologie en tenant compte des besoins et des capacités des compagnies. On a également noté qu'il y a autant de besoins différents en matière de protection législative qu'il y a de cultures de sécurité différentes entre exploitants. L'élaboration conjointe de protocoles par les parties concernées, des limites claires relativement à l'accès et à l'utilisation, et une culture juste – comme condition préalable –

sont autant d'éléments qui pourraient permettre aux parties de concilier leurs perspectives divergentes sur l'utilisation à bon escient des EAVL.

À la lumière de l'évaluation sous l'angle des facteurs humains et opérationnels, le recours accru aux enregistrements EAVL pourrait réellement accroître la sécurité. Les enregistrements EAVL pourraient servir aux fins suivantes :

- **Enquêtes du BST** : Tout renseignement provenant d'un système EAVL, peu importe les modalités, aidera le BST à mieux comprendre un incident ou un accident, et donc à émettre des recommandations de sécurité plus efficaces.
- **Formation** : Les données EAVL pourraient être utiles pour élaborer et améliorer des programmes de formation. Cela comprend la formation ciblée pour des employés particuliers ou pour un ou des groupes d'employés qui, d'après un examen des données EAVL, tireraient sans doute parti d'une formation additionnelle. Par exemple, on pourrait prévoir une formation ciblée sur la gestion de la fatigue pour des membres d'une équipe qui ont manifesté une vigilance réduite au travail. On pourrait renvoyer au service de formation d'une compagnie l'information qu'on tire d'examen, afin d'améliorer ou d'enrichir les programmes de formation. Par exemple, si on constate que les membres d'une équipe sont souvent fatigués sur une subdivision ou un trajet donné, une formation d'appoint pourrait comprendre des astuces pour prévenir ou réduire la fatigue. Pareillement, après le lancement d'un nouveau programme de formation sur les principes de la CRM, on pourrait examiner de façon aléatoire les enregistrements pour vérifier qu'on met bel et bien les principes en pratique.
- **Modifications à la conception** : Le repérage de problèmes opérationnels grâce aux EAVL pourrait servir à raffiner la conception de la technologie et de l'équipement. Par exemple, si on constate plusieurs cas de mauvaise utilisation de l'équipement (sans lien avec la formation), on pourrait communiquer cette information aux fabricants. De plus, parmi les changements possibles à la conception figurent des améliorations aux politiques et procédures d'exploitation ferroviaire, comme celles concernant la façon d'annoncer les signaux de contrôle des trains et d'y réagir.
- **Sécurité des équipes** : Les enregistrements EAVL pourraient accroître la sécurité des membres de l'équipe, comme élément dissuasif à l'égard d'agressions ou d'autres comportements criminels.
- **Repérage de conditions risquées** : Le repérage de comportements risqués grâce aux EAVL pourrait aider à améliorer l'éducation et les procédures. Les mesures à prendre dépendraient de la cause profonde d'un comportement.

5.0 Prochaines étapes

La présente étude de sécurité offre une vue d'ensemble des enjeux complexes d'un recours accru aux EAVL. Elle examine divers domaines importants, y compris les enjeux technologiques, les enjeux législatifs et réglementaires, les avantages pour la sécurité (grâce à une meilleure compréhension des facteurs humains et des opérations dans une cabine de locomotive) et l'utilisation à bon escient des renseignements extraits des EAVL.

Même si toutes les parties concernées avaient des opinions sur les questions juridiques liées au recours accru aux EAVL, on doit tenir compte du principal objet de la présente étude (la sécurité des transports) durant le processus décisionnel. L'utilisation à bon escient de la technologie EAVL doit être considérée dans une optique plus vaste que le débat opposant l'efficacité opérationnelle au respect de la vie privée des employés.

Les intervenants du secteur ferroviaire s'entendent sur la valeur fondamentale de ces données. Cependant, plusieurs opinions divergentes persistent sur l'utilisation à bon escient des EAVL. Le recours accru à cette technologie ne sera possible que par une approche d'implantation qui concilie judicieusement les droits et obligations de toutes les parties. Si on parvient à accorder ces différentes perspectives, l'implantation de cette technologie, y compris le recours accru à celle-ci, pourrait apporter au secteur ferroviaire des avantages considérables pour la sécurité.

La présente étude de sécurité sur les EAVL étant achevée, les activités additionnelles suivantes seront entreprises :

- Le rapport final sera distribué aux intervenants clés dans les 4 modes de transport : aérien, maritime, ferroviaire et par pipeline.
- Le BST amorcera des discussions avec TC sur les prochaines étapes en vue d'implanter les EAVL et sur le recours accru aux enregistreurs de bord dans tous les modes de transport.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 10 août 2016. Le rapport a été officiellement publié le 19 septembre 2016.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst-tsb.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexes

Annexe A – Principes directeurs de l'étude de sécurité

Les membres des sous-groupes qui participaient à l'étude de sécurité avaient accès aux enregistrements de bord pour procéder aux travaux d'évaluation, qui ont été réalisés dans les conditions suivantes :

1. Les enregistrements des enregistreurs audio-vidéo de locomotive (EAVL) ont été traités comme des éléments confidentiels et protégés. L'étude de sécurité a été menée à titre d'enquête de catégorie 4 en vertu de la politique de classification des événements du Bureau de la sécurité des transports (BST).
2. Les équipes de train et le personnel d'exploitation participants ont été informés de la présence des enregistreurs dans la cabine de locomotive (et donc, en avaient conscience) avant la mise en service des appareils.
3. Les chemins de fer ont fourni au BST les enregistrements de bord requis pour réaliser l'étude de sécurité sur les EAVL.
4. Au moins 2 membres de sous-groupes provenant d'organisations différentes étaient présents au moment du traitement et de la consultation des enregistrements de bord.
5. On a maintenu un registre identifiant les personnes qui avaient traité ou consulté les enregistrements, et précisant quand elles l'avaient fait.
6. Au cours de l'étude, les enregistrements de bord ont été traités, consultés et conservés dans un ordinateur et un endroit sécurisés.
7. Du personnel autorisé des compagnies de chemin de fer était disponible pour faciliter la récupération des enregistrements de bord. Cependant, les compagnies n'ont accédé à ces enregistrements que si le chef d'équipe du sous-groupe ou le coordonnateur du projet EAVL avait présenté une demande écrite (par courriel).
8. Au cours de l'étude de sécurité sur les EAVL, aucun chemin de fer n'a utilisé les enregistrements de bord pour imposer des mesures punitives à des employés. Toutefois, si l'évaluation des facteurs opérationnels et humains des enregistrements de bord mettait à jour une possibilité d'améliorer la sécurité, les chemins de fer pouvaient utiliser des renseignements anonymisés pour adopter des mesures de sécurité proactives à l'échelle de leur réseau.
9. Le BST et Transports Canada (TC) devaient immédiatement être informés de toute préoccupation liée à la sécurité ou infraction aux règles décelées dans les enregistrements de bord. TC et le BST devaient alors prendre les mesures nécessaires pour évaluer et éliminer la lacune de sécurité. Les enregistrements de bord ne devaient toutefois pas servir de preuve dans le cadre d'un processus juridique,

administratif ou disciplinaire, à moins que la loi ne le prévoie. (Cette situation ne s'est pas présentée pendant l'étude.)

10. Au terme de l'étude de sécurité sur les EAVL, tous les enregistrements de bord produits pour l'étude et en la possession du BST ou d'un sous-groupe ont été effacés ou détruits.
11. Au terme de l'étude de sécurité sur les EAVL, les chemins de fer pouvaient désactiver ou éteindre les enregistreurs de bord ou les laisser allumés. Ceux qui ont décidé de maintenir les enregistreurs de bord en ont informé leurs employés. Par ailleurs, toute utilisation ultérieure des enregistrements de bord devait respecter la Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports (Loi sur le BCEATST).
12. Pour le projet de rapport et le rapport final, tous les renseignements tirés des enregistrements de bord et associés à des situations particulières ont été anonymisés dans les observations et dans la présentation des résultats.
13. Dans le cas des événements devant être signalés en vertu de la Loi sur le BCEATST ou de ses règlements, les exigences sur les enquêtes du BST prévalaient. Si le BST en avait fait la demande, les enregistrements de bord originaux lui auraient été remis dans les meilleurs délais sans que le chemin de fer en cause effectue de téléchargement ou de copie supplémentaires. Si le BST avait décidé de mener une enquête sur un événement ferroviaire, les enregistrements de bord pertinents auraient été exclusivement réservés à l'enquête du BST, conformément à l'article 28 de la Loi sur le BCEATST. Si le BST avait ensuite décidé de ne pas faire enquête sur l'événement ferroviaire, il aurait remis les enregistrements de bord en cause au sous-groupe aux fins de l'étude de sécurité. (Cette situation ne s'est pas présentée pendant l'étude.)

Annexe B – Facteurs humains et opérationnels : Liste de contrôle pour l'évaluation des enregistrements de bord

Formulaire B1. Information sur l'enregistrement de bord

Information sur l'enregistrement de bord	Détails et commentaires
Renseignements généraux servant à identifier l'enregistrement (date, itinéraire, train, etc.)	
Début du fichier (HH:MM:SS)	
Durée du fichier (HH:MM:SS)	
Durée – train en mouvement (HH:MM:SS)	
Durée du fichier train en mouvement (> 0 km/h) (HH:MM:SS)	
Nombre total d'arrêts	
Conditions météorologiques (temps clair; pluie; neige; nuages)	
Luminosité (jour; nuit; crépuscule; aube; inconnue)	
Environnement voies, méthode d'exploitation du train (rural; urbain; mixte; voie simple; voies multiples)	
Y a-t-il des données de CEL synchronisées? (<i>oui/non/ne sait pas</i>)	
Y a-t-il des problèmes de clarté de l'enregistrement vidéo? (<i>oui/non; si oui, lesquels?</i>)	
Y a-t-il des problèmes avec l'enregistrement audio? (<i>oui/non; si oui, lesquels?</i>)	
Y a-t-il d'autres problèmes?	

Formulaire B2. Information sur l'équipe de conduite

Information sur l'équipe de conduite	Détails et commentaires
Nombre de personnes dans la cabine	
Mécanicien de locomotive identifié? (<i>oui/non</i>)	
Chef de train identifié? (<i>oui/non</i>)	
Rôle des autres membres de l'équipe identifié? (<i>oui/non</i>)	
Autres renseignements?	

Formulaire B3. Saisie des interactions de l'équipe dans la cabine

Interactions de l'équipe dans la cabine	Détails et commentaires
Avez-vous remarqué des indications que les membres de l'équipe réagissaient aux signaux qu'ils observaient sur la voie? <i>(oui/non/pas certain/s.o.) (par défaut = oui)</i>	
Avez-vous remarqué des indications que les membres de l'équipe annonçaient à haute voix les signaux rencontrés? <i>(oui/non/pas certain/s.o.) (par défaut = oui)</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Avez-vous remarqué des indications de gestion des ressources d'équipe (CRM)? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = oui)</i> • Quelles indications de CRM avez-vous constatées? <ul style="list-style-type: none"> ○ assertivité ○ nature des conversations, communication et consultation entre les membres de l'équipe ○ résolution de problèmes ○ leadership ○ adaptabilité ○ aptitudes décisionnelles ○ autres 	

Formulaire B4. Saisie des facteurs de performance humaine : stress

Niveau de stress des membres de l'équipe	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices auditifs vous permettant d'établir le niveau de stress des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ élocution ○ choix de mots ○ ton ○ timbre de la voix ○ débit de la parole ○ expressions utilisées, jurons 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices visuels vous permettant d'établir le niveau de stress des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ focalisation ○ point de fixation du regard ○ balayage visuel 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices physiques vous permettant d'établir le niveau de stress des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ activités ○ posture, position 	

Formulaire B5. Saisie des facteurs de performance humaine : fatigue et niveau de vigilance

Niveaux de fatigue et de vigilance des membres de l'équipe	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices auditifs vous permettant d'établir les niveaux de fatigue et de vigilance des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ débit de la parole ○ choix de mots ○ timbre de la voix ○ commentaires sur l'état de fatigue, de somnolence 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices visuels vous permettant d'établir les niveaux de fatigue et de vigilance des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ focalisation ○ point de fixation du regard ○ balayage visuel ○ vitesse de clignement des yeux 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices physiques vous permettant d'établir les niveaux de fatigue et de vigilance des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ activités ○ posture, position ○ mouvements de la tête – employé qui s'assoupit, qui bâille, qui s'étire 	

Formulaire B6. Saisie des facteurs de performance humaine : charge de travail

Charge de travail des membres de l'équipe	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"> • Pouvez-vous établir le nombre de tâches exécutées à la fois par un membre de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? <ul style="list-style-type: none"> ○ Estimation en % du temps où le mécanicien de locomotive exécutait plus de 1 tâche à la fois ○ Estimation en % du temps où le chef de train exécutait plus de 1 tâche à la fois ○ Estimation en % du temps où un autre membre de l'équipe exécutait plus de 1 tâche à la fois 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices auditifs vous permettant d'établir la charge de travail des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ débit de la parole ○ timbre de la voix ○ commentaires sur la charge de travail 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices visuels vous permettant d'établir la charge de travail des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ point de fixation du regard ○ durée de la fixation oculaire 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices physiques vous permettant d'établir la charge de travail des membres de l'équipe? (<i>oui/non/pas certain</i>) (<i>par défaut = non</i>) Pourquoi / pourquoi pas? • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ activités ○ posture, position 	

Formulaire B7. Saisie des facteurs de performance humaine : conscience situationnelle

Conscience situationnelle de l'équipe	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices auditifs vous permettant d'établir la conscience situationnelle des membres de l'équipe? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i> • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ contenu du discours 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices visuels vous permettant d'établir la conscience situationnelle des membres de l'équipe? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i> • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ focalisation ○ point de fixation du regard ○ balayage visuel 	

Formulaire B8. Saisie des facteurs de performance humaine : distraction ou inattention liée ou non au travail

Niveau de distraction ou d'inattention des membres de l'équipe	Détails et commentaires
<ul style="list-style-type: none"> • Pouvez-vous observer les membres de l'équipe qui se livrent à une ou des activités secondaires? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i> • Si oui, de quelle activité s'agit-il? • Qui s'y livrait? (mécanicien de locomotive, chef de train, autre) 	
<p>Y a-t-il des indices auditifs vous permettant d'établir le niveau de distraction ou d'inattention des membres de l'équipe? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ contenu du discours 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices visuels vous permettant d'établir le niveau de distraction ou d'inattention des membres de l'équipe? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i> • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ focalisation ○ point de fixation du regard ○ balayage visuel 	
<ul style="list-style-type: none"> • Y a-t-il des indices physiques vous permettant d'établir le niveau de distraction ou d'inattention des membres de l'équipe? <i>(oui/non/pas certain) (par défaut = non) Pourquoi / pourquoi pas?</i> • Exemples de signes à prendre en compte : <ul style="list-style-type: none"> ○ interaction avec le matériel et la technologie ○ posture, position 	

Formulaire B9. Saisie des manipulations des commandes de locomotive dans des conditions d'utilisation normales

Formulaire B9.1. La superficie couverte par l'enregistrement vidéo permet-elle d'observer l'utilisation que fait l'équipe des commandes suivantes de la locomotive?

La superficie couverte par l'enregistrement vidéo permet-elle d'observer l'utilisation que fait l'équipe des commandes suivantes de la locomotive?	Détails et commentaires (oui/non/pas certain) (par défaut = non)
Manipulateur	
Frein rhéostatique	
Frein automatique	
Frein direct	
Commandes de la cloche et du sifflet	
Dispositif de veille automatique (RSC)	
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	
Communications radio	
Commutateurs des phares	

Formulaire B9.2. Les lectures numériques/positions des commandes suivantes de la locomotive sont-elles visibles?

Les lectures numériques/positions des commandes suivantes de la locomotive sont-elles visibles?	Détails et commentaires (oui/non/pas certain) (par défaut = non)
Manipulateur	
Indicateur de vitesse	
Frein rhéostatique	
Frein automatique	
Frein direct	
Commandes de la cloche et du sifflet	
Dispositif de veille automatique (RSC)	
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	
Communications radio	
Commutateurs des phares	

Formulaire B9.3. Pouvez-vous observer les membres de l'équipe manipulant les commandes suivantes de la locomotive?

Pouvez-vous observer les membres de l'équipe manipulant les commandes suivantes de la locomotive?	Détails et commentaires (oui/non/pas certain) (par défaut = non)
Manipulateur	
Frein rhéostatique	
Frein automatique	
Frein direct	
Commandes de la cloche et du sifflet	
Dispositif de veille automatique (RSC)	
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	
Communications radio	
Commutateurs des phares	

Formulaire B9.4. Y a-t-il des indications que des membres de l'équipe ont réagi à des alarmes ou à des avertissements sonores générés par les dispositifs suivants?

Y a-t-il des indications que des membres de l'équipe ont réagi à des alarmes ou à des avertissements sonores générés par les dispositifs suivants?	Détails et commentaires (oui/non/pas certain) (par défaut = non)
Manipulateur	
Frein rhéostatique	
Frein automatique	
Frein direct	
Commandes de la cloche et du sifflet	
Dispositif de veille automatique (RSC)	
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	
Communications radio	
Commutateurs des phares	

Formulaire B9.5. Y a-t-il des indications que des membres de l'équipe ont réagi à des alarmes ou à des avertissements visuels générés par les dispositifs suivants?

Y a-t-il des indications que des membres de l'équipe ont réagi à des alarmes ou à des avertissements visuels générés par les dispositifs suivants?	Détails et commentaires (oui/non/pas certain) (par défaut = non)
Manipulateur	
Frein rhéostatique	
Frein automatique	
Frein direct	
Commandes de la cloche et du sifflet	
Dispositif de veille automatique (RSC)	
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	
Communications radio	
Commutateurs des phares	

Formulaire B.10. Saisie des situations anormales dans la cabine de locomotive

Interactions de l'équipe dans la cabine	Détails et commentaires
Avez-vous remarqué des signes de réaction des membres de l'équipe à des messages de détecteurs extérieurs ou en bordure de la voie? (oui/non/pas certain/s.o.) (par défaut = oui)	
Avez-vous remarqué des signes de réaction des membres de l'équipe à des alarmes à bord (p. ex., patinage des roues)? (oui/non/pas certain/s.o.) (par défaut = oui)	
Avez-vous remarqué des signes de réaction des membres de l'équipe à des communications radio urgentes ou inhabituelles? (oui/non/pas certain) (par défaut = oui)	

Formulaire B.11. Autres notes sur le fichier de données

--

Annexe C – Technologie : Utilisation des enregistreurs audio-vidéo de locomotive aux États-Unis

Renseignements compilés et résumés au 31 décembre 2015.

Chemin de fer ou organisation	État
Canadien National (CN, États-Unis)	<ul style="list-style-type: none"> • En 2014, le CN a mis en œuvre une étude pilote comportant l'installation d'une caméra orientée vers l'intérieur à bord de locomotives. Ont été retenus pour l'étude le Duluth, Missabe and Iron Range Railway (DMIR) et la Bessemer & Lake Erie Railroad Company (BLE). • Des caméras ont été installées à bord de 8 locomotives (6 locomotives du DMIR ET 2 locomotives de la BLE). • Voici certains des défis à relever et des leçons apprises à la lumière de l'étude pilote : <ul style="list-style-type: none"> ○ Le téléchargement à distance de la vidéo était irréalisable à cause de la taille des fichiers et du coût élevé de ce type de téléchargement. ○ Certains types d'appareils ne convenaient pas aux environnements à luminosité réduite (certains types de caméras ne sont pas conçus pour être utilisés la nuit). ○ Des employés ont saboté des caméras.
Canadien Pacifique (CP, États-Unis)	<ul style="list-style-type: none"> • Quatre locomotives sont dotées de systèmes EAVL. Le CP a mis en œuvre une étude pilote sur son réseau aux États-Unis. • Le système EAVL a depuis été désactivé sur 2 des locomotives qui sont actuellement exploitées au Canada (le système est toutefois demeuré à bord). • Les caméras vidéo sont fournies par Railhead. Le circuit Railhead est connecté au système Wi-Tronix, qui synchronise les données horaires avec l'horloge du système mondial de positionnement (GPS) Wi-Tronix. • Comme le système Wi-Tronix est aussi connecté au consignateur d'événements de la locomotive (CEL), il est possible de synchroniser les données des caméras Railhead et du CEL.
Kansas City Southern (KCS)	<ul style="list-style-type: none"> • Même si KCS utilise encore du matériel GE et Wabtec, elle privilégie le système Railhead. • KCS a déjà installé plus de 150 systèmes (et prévoit en installer 100 de plus). • Les enregistrements vidéo des 2 caméras orientées vers l'intérieur et des 2) caméras orientées vers l'extérieur sont synchronisés et sauvegardés sur le même disque dur. • Les 2 microphones extérieurs sont synchronisés avec les enregistrements vidéo des caméras orientées vers l'extérieur. (Nota : Il n'y a aucun microphone à bord des locomotives.) • Sur certaines locomotives de KCS, les systèmes EAVL avaient été intégrés au CEL et synchronisés avec lui. Pour ces locomotives, un écran permet de chercher et de sélectionner des emplacements sur une carte pour voir les événements.
Union Pacific Railroad	<ul style="list-style-type: none"> • UP utilise des caméras vidéo Wabtec orientées vers l'extérieur.

Chemin de fer ou organisation	État
(UP)	<ul style="list-style-type: none"> • Les caméras vidéo orientées vers l'intérieur sont des Welldex. • En mai 2015, UP avait installé ce matériel sur plus de 850 locomotives. • Le matériel n'est pas intégré au CEL ni en synchronisation automatique avec lui.
Metrolink	<ul style="list-style-type: none"> • Metrolink utilise des enregistreurs vidéo numérique de locomotive (LDVR) Railhead dans la cabine de commande de ses voitures et dans ses locomotives. En mai 2015, 60 locomotives étaient dotées de ce système. • Certaines locomotives de Metrolink transportent le LDVR à quatre canaux du modèle RVS-LDVR4-500G de troisième génération. À la suite de problèmes récents, on a commencé à remplacer le matériel de troisième génération par des appareils de nouvelle génération (Railhead RVSH4-500G GEN 4). • Les 2 caméras orientées vers l'intérieur et la caméra orientée vers l'avant ne sont pas intégrées au CEL ni en synchronisation automatique avec lui. • Metrolink étudie la possibilité de procéder à la mise à niveau des caméras orientées vers l'avant pour améliorer la performance.
New Jersey Transit	<ul style="list-style-type: none"> • En mai 2015, des caméras orientées vers l'intérieur étaient installées à bord de 75 locomotives.
Federal Railroad Administration (FRA)	<ul style="list-style-type: none"> • Les membres du groupe de travail sur les enregistreurs du Railroad Safety Advisory Committee (RSAC) se sont réunis le 28 mai 2015 pour discuter de l'installation d'enregistreurs vidéo à bord des locomotives. • Ce groupe de travail avait pour mandat d'élaborer des recommandations réglementaires sur l'installation et l'utilisation d'enregistreurs vidéo orientés vers l'intérieur et vers l'extérieur dans la cabine des locomotives de commande. • Les recommandations du groupe de travail devaient porter sur les éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> ○ exigences d'installation et échéances; ○ contrôles techniques; ○ périodes de conservation des enregistrements; ○ récupération des enregistrements; ○ possession contrôlée des enregistrements; ○ normes de résistance aux chocs (c.-à-d., au moins équivalente à celle des CEL); ○ utilisation des enregistrements dans le cadre d'enquêtes sur des accidents ou d'études de sécurité sur les activités ferroviaires; ○ utilisation des enregistrements dans le cadre d'essais opérationnels. • Le groupe de travail sur les enregistreurs a présenté les propositions suivantes à la FRA : <ul style="list-style-type: none"> ○ exiger des enregistreurs vidéo orientés vers l'extérieur et vers l'intérieur; ○ permettre, sans l'exiger, l'enregistrement audio; ○ permettre la réalisation d'essais opérationnels d'enregistreurs vidéo orientés vers l'intérieur, en vertu de critères de sélection aléatoires établis.

Chemin de fer ou organisation	État
	<ul style="list-style-type: none"> • Le groupe de travail sur les enregistreurs devait à l'origine présenter ses recommandations au RSAC le 1^{er} avril 2015. Compte tenu de l'absence de recommandations consensuelles du groupe de travail sur les enregistreurs et du RSAC, la FRA publierait un avis de projet de réglementation en suivant le processus habituel d'élaboration des règlements.
National Transportation Safety Board (NTSB)	<ul style="list-style-type: none"> • Les recommandations du NTSB sur les enregistreurs audio et vidéo à bord des locomotives couvrent notamment ce qui suit : <ul style="list-style-type: none"> ○ installation obligatoire, dans les cabines de locomotive de commande et dans les voitures à cabine de commande, d'enregistreurs audio et vidéo orientés vers l'intérieur et vers l'extérieur; ils doivent être résistants aux chocs et aux flammes et avoir la capacité de produire des enregistrements permettant de vérifier que les équipes de train respectent les règles et les méthodes essentielles à la sécurité, ainsi que les conditions d'exploitation des trains; leur capacité d'enregistrement doit être d'au moins 12 heures continues; les enregistrements, dont la publication sera soumise à des restrictions, doivent être faciles à récupérer pour les enquêtes sur les accidents ou des contrôles, par la direction, de la conformité et des programmes de surveillance du rendement à l'échelle du réseau (R-10-1); ○ obligation pour les chemins de fer de consulter et d'utiliser régulièrement les enregistrements audio et vidéo captés à l'intérieur des cabines (avec une protection adéquate contre la diffusion au grand public) de concert avec d'autres données sur le rendement afin de vérifier que les équipes de train respectent les règles et les méthodes qui garantissent la sécurité (R-10-2).

Annexe D – Technologie : Résumé des enjeux technologiques

Tableau D.1. Aspects de la conception des caméras vidéo à prendre en considération : installation

Installation	Chemin de fer A (audio seulement)	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
Nombre de caméras orientées vers l'intérieur dans chaque locomotive	Aucune	2	3	3
Emplacement, position des caméras orientées vers l'intérieur dans la locomotive	S.O.	Au plafond. Une caméra était située dans le coin avant droit de la cabine (en regardant vers l'avant de la locomotive) et orientée vers le bas et vers l'arrière en direction du siège du mécanicien de locomotive. L'autre caméra se trouvait près du centre de la cabine et était orientée vers le bas et vers le côté en direction du siège du chef de train.	Deux caméras montées au plafond, juste au-dessus des pare-soleil, orientées vers l'arrière, vers les sièges du mécanicien de locomotive et du chef de train. Une caméra à objectif ultra-grand-angulaire au milieu du plafond.	Au plafond à l'arrière de la cabine. Une caméra était orientée vers l'arrière du siège du chef de train, et l'autre, vers l'arrière du siège du mécanicien de locomotive. La troisième caméra était située à l'avant de la locomotive, sur le tableau de bord, orientée vers l'arrière.
Champ visuel des caméras	S.O.	Vue avant des sièges du mécanicien de locomotive et du chef de train	Vue avant des sièges du mécanicien de locomotive et du chef de train; vue ultra-grande-angulaire, sur 360 °, de l'ensemble de la cabine	Vue vers l'arrière des sièges du mécanicien de locomotive et du chef de train; vue sur la paroi arrière et le tableau d'affichage du matériel
Angle de vue des caméras	S.O.	Au plafond, orientées vers le bas	Au plafond, orientées vers le bas	Au plafond, orientées vers le bas, et vers l'arrière à partir du tableau de bord

Tableau D.2. Aspects de la conception des caméras vidéo à prendre en considération : protection environnementale

Protection environnementale	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
Carter et accessoires des caméras	S.O.	Carter en polycarbonate de protection contre le sabotage.	Le carter des caméras doit être conçu pour prévenir le sabotage.	<ul style="list-style-type: none"> • La caméra et le carter sont fournis par Axis Communication. • Le carter de la caméra est fait d'aluminium et de polycarbonate. • Les vis de la caméra sont inviolables et son logiciel active la caméra si elle est altérée.
Cote environnementale NEMA (National Electrical Manufacturer Association)	NEMA IP66 (étanche aux poussières et inviolable)	Non précisée	Non précisée	<ul style="list-style-type: none"> • Les caméras sont conformes à la norme EN50155, ce qui signifie qu'elles ont été soumises à des essais de vibrations, de chocs et de température selon les normes en vigueur dans l'industrie ferroviaire. • Autres normes pertinentes : EN55022 classe B, EN55024, EN55081 et EN61000-6-1

* Les renseignements sur les caméras vidéo du chemin de fer A concernent les caméras orientées vers l'avant, et non des caméras dans la cabine.

Tableau D.3. Aspects de la conception des caméras vidéo à prendre en considération : Spécifications sur les enregistrements

Spécifications sur les enregistrements	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
Résolution	4 formats communs intermédiaires (CIF) (704 × 480)	<ul style="list-style-type: none"> • 240 images par seconde (ips) en résolution CIF (352 × 240) • 120 ips, résolution 2-CIF (704 × 240) • 60 ips, résolution 4-CIF (704 × 480) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les résolutions haute définition (HD) sont acceptables (le format d'image varie, aucune préférence). • Les caméras produisant simultanément différentes résolutions en sortie sont privilégiées. 	1280 × 720 à 160 × 90
Fréquence d'images	15 ips	S.O.	Fréquence d'images configurable exigée (au moins 15/30 ips)	1080P – HD à 30 ips
Couleur ou noir et blanc	Couleur	Couleur, infrarouge pour l'enregistrement de nuit (transition automatique selon le changement de luminosité)	Enregistrement couleur exigé (sauf en mode infrarouge par faible luminosité)	Enregistrement couleur avec correction automatique en cas de faible luminosité ou de suréclairage
Format d'image	1.5	S.O.	S.O.	S.O.
Démarrage et arrêt automatiques	<ul style="list-style-type: none"> • La caméra enregistre en permanence. • Le démarrage et l'arrêt de la caméra ne dépendent pas de la détection de mouvement. 	Les caméras enregistrent lorsque le moteur de la locomotive est en marche, peu importe qu'il y ait ou non mouvement.	Les caméras IP se mettent automatiquement en marche lorsqu'elles sont alimentées par câble Ethernet.	Le système se met automatiquement en marche au démarrage de la locomotive.

* Les renseignements sur les caméras vidéo du chemin de fer A concernent les caméras orientées vers l'avant, et non des caméras dans la cabine.

Tableau D.4. Aspects de la conception des caméras vidéo à prendre en considération : Spécifications des lentilles et des caméras

Spécifications des lentilles et des caméras	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
Caractéristiques optiques (profondeur de champ, champ visuel, ouverture du diaphragme)	<ul style="list-style-type: none"> • Haute résolution, signal de couleur selon la norme du National Television System Committee (NTSC), lentilles fixes de 6 mm • Champ visuel : horizontal (42°), vertical (32° F2.0), 1,0 lux 	Diaphragme automatique, ouverture de 1/60 à 1/10 000	S.O.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,2 lux (éclairage minimal) • Angle de prise de vue horizontal de 102°, vertical de 47° et panoramique de $\pm 30^\circ$ avec une inclinaison de 15 à 90° et une rotation de $\pm 175^\circ$
Commande d'exposition (éclairage et sensibilité)	S.O.	Infrarouge pour l'enregistrement de nuit (transition automatique selon le niveau de luminosité)	Des essais limités ont démontré que les commandes d'exposition sont nécessaires pour garantir de bons résultats lorsque la luminosité varie (plage dynamique étendue par exemple).	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur d'image CMOS par balayage progressif RVB (rouge, vert et bleu) • Objectif mégapixel à diaphragme fixe et monture M12
Réduction des effets de coupures de courant sur les caméras vidéo (remise en marche et reprise automatiques, batterie de secours)	<ul style="list-style-type: none"> • Au moment de la mise hors tension, la batterie interne permet l'arrêt ordonné de l'enregistreur vidéo numérique de locomotive (LDVR) et des processus pour protéger le logiciel et les images. • Au démarrage, le LDVR est automatiquement remis en service. • Remise en marche automatique : oui • Reprise automatique : oui • Batterie de secours : oui 	Batterie de secours	<ul style="list-style-type: none"> • Une batterie est requise pour continuer l'enregistrement plusieurs minutes en cas de débranchement du système. • Le système devrait reprendre l'enregistrement dès qu'il est alimenté (ceci s'applique davantage au système d'enregistrement qu'aux caméras). 	<ul style="list-style-type: none"> • Remise en marche et reprise automatiques après le démarrage de la locomotive • Mise au point manuelle de la caméra au moment de l'installation de l'appareil et de la mise en place des paramètres

Spécifications des lentilles et des caméras	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
<p>Réduction des effets d'autres conditions environnementales (vibrations, chocs, luminosité, température, forces magnétiques, radiofréquences (RF), poussière, humidité)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vibrations : <ul style="list-style-type: none"> ○ Aléatoires : 1,5 g, 10 à 200 Hz, 4 heures/axe, 3 axes ○ Sinusoïdales : 7,6 mm p-p 5 à 10 Hz, 1,5 g p à 10-300 Hz, 4 heures/axe, 3 axes • Chocs : 20 g, 11 ms, 3 chocs à front lent dans chaque direction/axe, choc sur les 3 axes • Luminosité : 1,0 lux • Température : -25 °C à +60 °C • Sensibilité aux RF : non précisée • Étanche à la poussière • Humidité : humidité relative de 95 % à 40 ± 5 °C 	<p>Plage de températures de fonctionnement -10 °C à 50 °C</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conformité obligatoire aux normes des locomotives dans tous ces domaines. • Les facteurs environnementaux n'ont créé aucun problème à ce jour au cours des essais. 	<ul style="list-style-type: none"> • La caméra s'adapte automatiquement aux conditions de luminosité. • Les chocs et les vibrations sont atténués à l'intérieur. • Les caméras sont testées selon la norme EN50155, donc peuvent être utilisées à des températures comprises entre -20 °C et +40 °C. • Elles sont soumises aux essais de chocs et de vibrations de la norme EN50155. • Le rendement des caméras a été vérifié au cours du prototypage (objets clairement visibles) pour s'assurer qu'il était acceptable. • Les caméras étant installées à l'intérieur des locomotives, aucun problème de poussière, d'humidité ou d'autres effets environnementaux n'a été signalé.

* Les renseignements sur les caméras vidéo du chemin de fer A concernent les caméras orientées vers l'avant, et non des caméras dans la cabine.

Tableau D5. Aspects de la conception des enregistreurs audio à prendre en considération

Enregistreur audio	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
Démarrage et arrêt automatiques de l'enregistreur audio (si différent du système vidéo) : Synchronisation des enregistrements vidéo et audio	Enregistrements audio synchronisés aux images	S.O.	S.O.	<ul style="list-style-type: none"> • Les enregistrements audio sont transmis par les caméras à l'enregistreur vidéo en réseau (NVR). • La mise en marche et l'arrêt automatiques sont déclenchés par la mise en marche ou l'arrêt de la locomotive. • Les fichiers audio sont synchronisés avec les fichiers vidéo par le logiciel.
Accès aux enregistreurs audio aux fins d'entretien ou d'essais	Les employés chargés de l'entretien ont accès à l'enregistreur audio par l'entremise d'une application logicielle installée sur un ordinateur portable.	Les appareils vidéo et audio font partie du même système.	L'accès physique au bâti d'intégration des systèmes de la locomotive (LSI) demande aussi un accès à distance par un modem cellulaire externe.	<ul style="list-style-type: none"> • Les enregistrements audio et les enregistrements vidéo internes peuvent être consultés seulement durant les phases d'installation et de mise à l'essai, conformément à la politique sur la confidentialité. • Un écran indique si le système enregistre ou non. • Les enregistrements audio sont synchronisés avec les enregistrements vidéo, mais peuvent être écoutés ou récupérés séparément au besoin.

Enregistreur audio	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
<p>Réduction des effets de coupures de courant sur les enregistreurs audio</p> <ul style="list-style-type: none"> remise en marche automatique reprise automatique batterie de secours 	<ul style="list-style-type: none"> Remise en marche automatique : oui Reprise automatique : oui Batterie de secours : oui 	<ul style="list-style-type: none"> Réinitialisation au moment de la fermeture et du verrouillage du couvercle du système Batterie de secours 	<ul style="list-style-type: none"> Une batterie est requise pour continuer l'enregistrement plusieurs minutes en cas de débranchement du système. Le système devrait recommencer à enregistrer lorsqu'il est alimenté. 	<ul style="list-style-type: none"> Remise en marche et reprise automatiques lors de l'utilisation avec des caméras Les microphones sont alimentés par les caméras.
<p>Réduction des effets d'autres conditions environnementales :</p> <ul style="list-style-type: none"> vibrations chocs 	<ul style="list-style-type: none"> Vibrations : <ul style="list-style-type: none"> Aléatoires : 1,5 g, 10 à 200 Hz, 4 heures/axe, 3 axes Sinusoïdales : 7,6 mm p-p 5 à 10 Hz, 1,5 g p à 10-300 Hz, 4 heures/axe, 3 axes Chocs : 20 g, 11 ms, 3 chocs à front lent dans chaque direction/axe, chocs dans les 3 axes 	S.O.	Le système doit résister aux chocs et aux vibrations habituels dans les locomotives.	Des coussinets isolants sont installés aux points de fixation des microphones pour minimiser les effets des vibrations et des chocs.
<p>Qualité des enregistrements audio :</p> <ul style="list-style-type: none"> bruit de fond position des microphones 	<ul style="list-style-type: none"> Signal audio : algorithme de compression H264 pour la vidéo Un correcteur acoustique préréglé (filtre) réduit le bruit de fond de la cabine capté par les microphones. Locomotives EPA-42A (2 microphones dans la cabine) : <ul style="list-style-type: none"> projet à l'étape de prototype 	Microphone installé sous la cabine de la locomotive, enregistrements externes seulement.	Un seul microphone est installé dans le bloc pneumatique.	<ul style="list-style-type: none"> Les premiers systèmes prototypes installés dans des véhicules en service ont produit des enregistrements clairs au cours de l'accélération, de la marche sur l'erre et de la décélération. Les microphones sont installés au-dessus de la tête du mécanicien de locomotive et du chef de

Enregistreur audio	Chemin de fer A (audio seulement)*	Chemin de fer B (vidéo seulement)	Chemin de fer C (vidéo seulement)	Chemin de fer D (vidéo et audio)
	<ul style="list-style-type: none"> ○ un microphone installé sur le mur droit de la console de commande du côté du mécanicien de locomotive ○ un microphone installé sur la console de commande à droite de l’affichage à fonctions intégrées (côté gauche de la cabine de la locomotive) ● GPA40H (3 microphones) : <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 microphone installé sous le plancher de la cabine sur toutes les locomotives ○ 2 microphones dans la cabine ○ projet à l’étape de prototype ○ Les microphones sont installés au plafond au-dessus du pupitre de conduite de la locomotive, de chaque côté de la cabine. 			<p>train.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Le bruit de fond est filtré de façon mécanique et les microphones ne captent que les sons dans la plage de fréquences de la voix humaine.

* Les renseignements sur les caméras vidéo du chemin de fer A concernent les caméras orientées vers l’avant, et non des caméras dans la cabine.

Tableau D6. Aspects de la conception à prendre en considération relativement au traitement des enregistrements des enregistreurs audio-vidéo de locomotive (EAVL)

Systemes d'enregistrement	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
Protection antichoc renforcée pour les systemes d'enregistrement	Autres enregistreurs vidéo numériques mobiles : chocs de 30 g et normes SAEJ1455, MIL-202F, MIL-STD-810, IP IEC-60529, IP65	Aucune protection antichoc particulière	Conformité aux normes de résistance à l'impact de la Federal Railroad Administration (FRA) obligatoire	<ul style="list-style-type: none"> Le NVR est protégé par un carter en aluminium qui se trouve dans la locomotive. La mémoire à semi-conducteurs résiste à des chocs et à des vibrations plus importants.
Capacité et format du système d'enregistrement : <ul style="list-style-type: none"> compression d'image durée d'enregistrement délai d'enregistrement 	<ul style="list-style-type: none"> Disque dur d'au moins 96 Go. La plupart des systèmes ont un disque dur de 320 Go. Compression d'image : codeur-décodeur (codec) MPEG4 exclusif Durée d'enregistrement : pour une caméra à 4-CIF, à image de la plus grande résolution, à 15 ips et qui fonctionne 24 h par jour, 7 jours par semaine, la durée d'enregistrement serait de 3 à 5 jours. Délai d'enregistrement : non précisé 	<ul style="list-style-type: none"> La durée des enregistrements varie en fonction de la capacité du disque dur. Aucun délai, enregistrement continu 	<ul style="list-style-type: none"> Lecture en continu H.264 ou H.265 chiffrée par la caméra, transmission sur Ethernet L'enregistrement commence dès le démarrage de la locomotive et se termine 15 minutes après qu'elle soit arrêtée. 	<ul style="list-style-type: none"> La durée d'enregistrement est adaptable (de 30 jours à la valeur actuelle de 72 heures, conformément aux demandes du commissaire à la protection de la vie privée). Le délai d'enregistrement se produit au démarrage de la locomotive. Le format de l'enregistrement dépend du logiciel utilisé et du codec mis au point. Ceci réduit les risques d'utilisation ou de consultation non autorisées.
Prévention des accès non autorisés au système EAVL, durant et après l'enregistrement. <ul style="list-style-type: none"> sécurité, cryptage de l'image tatouage numérique 	<ul style="list-style-type: none"> Sécurité physique : interrupteur marche/arrêt à clé qui prévient aussi le retrait du disque dur Cryptage de l'image : le visionnement demande un codec exclusif Aucun tatouage numérique 	<ul style="list-style-type: none"> Surveillance à distance de toutes les modifications des LDVR (p. ex., remplacement du disque dur, accès aux vidéos, installation d'un nouveau disque dur). Aucun tatouage numérique 	<ul style="list-style-type: none"> Cryptage obligatoire Les tatouages numériques ne sont pas requis puisque très peu d'utilisateurs devraient être autorisés à exporter la vidéo en format standard. 	<ul style="list-style-type: none"> L'écran tactile demande un mot de passe pour accéder à l'enregistrement vidéo. Les enregistrements sont en codec et ne sont pas facilement utilisables. La personne qui souhaite les visionner doit convertir les fichiers vidéo en MPEG pour les transférer dans

Systemes d'enregistrement	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
				d'autres systemes.
<p>Enregistrement et récupération des fichiers</p> <ul style="list-style-type: none"> capacité de déceler les problèmes au cours de l'enregistrement et de la récupération des fichiers horodatage 	<ul style="list-style-type: none"> Récupération des enregistrements au moyen d'un logiciel spécialisé et du codec exclusif de Wabtec. Le fonctionnement normal ou anormal du système EAVL, du disque dur, d'une caméra vidéo, d'un microphone et du matériel de communication est indiqué par des voyants DEL sur le panneau avant et est communiqué à distance au système de surveillance à distance. Les enregistrements sont horodatés. 	<ul style="list-style-type: none"> Retrait du disque dur Téléchargement à distance Toutes les vidéos sont horodatées. 	<ul style="list-style-type: none"> Chaque cadre devrait pouvoir être horodaté. Le système doit détecter les problèmes d'enregistrement (caméra obstruée, défectueuse, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Les problèmes d'enregistrement vidéo sont affichés à l'écran lors de la consultation des caméras en temps réel. Les problèmes d'enregistrement audio sont détectés seulement durant les vérifications ou au cours des téléchargements aux fins d'inspection. Les vidéos sont horodatées selon l'heure indiquée par le consignateur d'événements. Si le consignateur d'événements n'est pas synchronisé, l'heure de la vidéo ne correspondra pas à l'heure réelle (un décalage de 1 heure est souvent noté au changement d'heure du printemps ou de l'automne). En cas de problèmes techniques (notamment si le système ne fonctionne pas), un signal est transmis pour communiquer la ou les erreurs.
<p>Synchronisation des enregistrements avec les données d'autres appareils :</p> <ul style="list-style-type: none"> caméra orientée vers l'avant 	<p>Les enregistrements sont synchronisés avec</p> <ul style="list-style-type: none"> la caméra orientée vers l'avant 	<ul style="list-style-type: none"> La synchronisation est possible Données GPS fournies par Wi-Tronix 	<ul style="list-style-type: none"> La synchronisation de l'heure avec celle des autres registres est essentielle. L'enregistrement de toutes les données sur le même 	<ul style="list-style-type: none"> Les enregistrements sont synchronisés avec le CEL et certains renseignements de base. Toutes les caméras et tous

Systemes d'enregistrement	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
<ul style="list-style-type: none"> consignateur d'événements de la locomotive (CEL) données du système mondial de positionnement (GPS) 	<ul style="list-style-type: none"> le CEL (fonctionnement à déterminer) l'heure et les coordonnées GPS 		support est privilégié (par exemple le support du système d'acquisition et d'enregistrement de données de la locomotive)	les fichiers vidéo et audio sont synchronisés entre eux.
<p>Visionnement/revisionnement des enregistrements :</p> <ul style="list-style-type: none"> une image à la fois extraction et tri des images 	<ul style="list-style-type: none"> Une image à la fois : oui Extraction et tri des images : oui 	Vitesses variables	<ul style="list-style-type: none"> L'outil de revisionnement doit permettre la synchronisation temporelle des lectures de données de différents systèmes (CEL, caméra vidéo, système de commande intégrale, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Les fichiers sont sauvegardés dans des fentes 4 Go, selon ce qui est enregistré et la méthode d'enregistrement (résolution, ips, compression). Il faut visualiser les fichiers dans le système puis les extraire avant de pouvoir sélectionner le segment souhaité.
Accès au système d'enregistrement aux fins d'entretien ou d'essais	Les employés chargés de l'entretien ont accès à l'enregistreur vidéo par l'entremise d'une application installée sur un ordinateur portable.	Accès limité aux employés qualifiés et autorisés.	L'accès physique au bâti LSI demande aussi un accès à distance par un modem cellulaire externe.	<ul style="list-style-type: none"> L'accès interne à la caméra est protégé et le mot de passe est donné à quelques personnes seulement. Les agents de la sécurité des transports ont aussi un accès interne à la caméra. Pour procéder à l'entretien, les spécialistes de l'entretien des logiciels peuvent avoir accès au système et le faire fonctionner.
<p>Réduction des effets de coupures de courant sur le système d'enregistrement</p> <ul style="list-style-type: none"> remise en marche automatique reprise automatique 	<ul style="list-style-type: none"> Remise en marche automatique : oui Reprise automatique : oui Batterie de secours : oui 	Batterie de secours	<p>Une batterie est requise pour continuer l'enregistrement plusieurs minutes en cas de débranchement du système.</p> <p>Le système devrait recommencer à enregistrer une fois qu'il est alimenté.</p>	Le système est alimenté par la locomotive. Le système s'arrête lorsque la locomotive est mise à l'arrêt.

Systèmes d'enregistrement	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
<ul style="list-style-type: none"> batterie de secours 				
<p>Réduction des effets d'autres conditions environnementales sur le système d'enregistrement :</p> <ul style="list-style-type: none"> vibrations chocs luminosité température effets magnétiques sensibilité aux RF poussière humidité 	<ul style="list-style-type: none"> Vibrations : <ul style="list-style-type: none"> Aléatoires : 1,5 g, 10 à 200 Hz, 4 heures/axe, 3 axes Sinusoidales : 7,6 mm p-p 5 à 10 Hz, 1,5 g p à 10-300 Hz, 4 heures/axe, 3 axes Chocs : 20 g, 11 ms, 3 chocs à front lent dans chaque direction/axe, choc sur les 3 axes Luminosité : 1,0 lux Température : -25 °C à +60 °C Sensibilité aux RF : non précisée Étanche à la poussière Humidité : humidité relative de 95 % à 40 ± 5 °C 	<p>Voir la section précédente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Conformité obligatoire aux normes des locomotives dans tous ces domaines. Les facteurs environnementaux n'ont créé aucun problème à ce jour au cours des essais. 	<p>S.O.</p>

Tableau D7. Autres aspects de la conception à prendre en considération

Autres aspects à prendre en considération	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
Câblage entre les enregistreurs et le système d'enregistrement	Câble blindé	Possible, mais non utilisé pour des raisons de sécurité	Ethernet	Semblable à l'ancien enregistreur vidéo numérique
Pièces de montage des enregistreurs	Supports en acier	Fabriqués sur mesure selon le modèle	Installation sur le bâti LSI privilégiée	Supports et pièces conçus et fournis par le chemin de fer D
Conservation des enregistrements	Le disque dur est retiré après un incident et conservé par les services juridiques du chemin de fer.	Varie selon le type d'événement	Au moins 3 jours	<ul style="list-style-type: none"> • Mémoire de type « premier entré premier sorti » • Les enregistrements sont conservés dans le système et effacés après 72 heures • Au besoin, le NVR peut être débranché et conservé pour les services juridiques ou le BST.
Piste de vérification et chaîne de possession des enregistrements	Oui, chaîne de possession des enregistrements en place	Oui, les copies papier et les téléchargements à distance sont suivis.	Il est très important d'avoir une piste de vérification et une chaîne de possession des enregistrements bien établies des téléchargements à bord et à distance (réseau sans fil).	<ul style="list-style-type: none"> • La politique interne sur les systèmes de télévision en circuit fermé dicte le processus d'extraction et de diffusion du contenu. • Les registres de la chaîne de possession sont mis à jour si une clé USB (bus série universel) est utilisée pour partager les enregistrements.
Paramètres programmables par l'utilisateur des enregistrements vidéo (p. ex., résolution d'enregistrement, fréquence d'images, etc.)	Possible, prévu par le fabricant	Configuration lors de l'installation	La résolution, la fréquence d'images, la profondeur de couleur et la qualité de l'encodage doivent être configurables.	La configuration demande une certaine connaissance du système et est effectuée au moment de la mise en service.
Paramètres des enregistrements audio	Possible,, prévu par le	Non	Gain de microphone	Paramètres audio à réglage manuel pour ajuster la

Autres aspects à prendre en considération	Chemin de fer A	Chemin de fer B	Chemin de fer C	Chemin de fer D
programmables par l'utilisateur	fabricant		programmable est exigé	sensibilité du microphone. Autrement, aucun réglage.

Annexe E – Schémas et configuration des enregistreurs de bord

Tous les systèmes d'enregistrement évalués par les 4 sous-groupes comprenaient une caméra extérieure orientée vers l'avant. Même si tous les systèmes permettaient la synchronisation des enregistrements de bord avec les images de cette caméra, seuls certains systèmes permettaient la synchronisation des enregistrements de bord avec les données du consignateur d'événements de la locomotive (CEL) et du système mondial de positionnement (GPS). Durant l'essai, ces systèmes n'ont pas été synchronisés pour des fins d'analyse.

Ci-dessous figure un aperçu des fonctions particulières à chaque système d'enregistrement utilisé par les 4 chemins de fer. L'annexe D, Technologie : Résumé des enjeux technologiques, donne des renseignements plus détaillés sur les caractéristiques techniques de chacun des systèmes.

Chemin de fer A (audio seulement)

Des enregistrements de 9 locomotives du chemin de fer A ont été examinés. Les locomotives étaient équipées d'enregistreurs audio d'une ou l'autre de 2 configurations (8 locomotives avaient un système principal et 1 était équipée d'un système prototype qui était toujours en évaluation par le chemin de fer). Chacun des systèmes comprenait 2 microphones installés dans la cabine; le système prototype comprenait un réducteur de bruit ambiant au moment de l'enregistrement, utilisant un égaliseur audio (filtre) pré-réglé.

Le principal système d'enregistrement audio comportait 1 microphone placé près de la paroi de droite (en regardant vers l'avant de la locomotive) à côté de la console du mécanicien de locomotive; l'autre microphone était sur la console à droite de l'affichage à fonctions intégrées (IFD) (figure E1) et orienté vers le siège du chef de train. Dans le cas du système prototype, les microphones étaient installés au plafond de la cabine : 1 au-dessus du pupitre de conduite et l'autre au-dessus du siège du chef de train (figure E2).

Figure E1. Chemin de fer A : Système d'enregistrement principal, audio seulement. Schéma d'installation et photographies de l'emplacement des microphones (Source : Chemin de fer A)

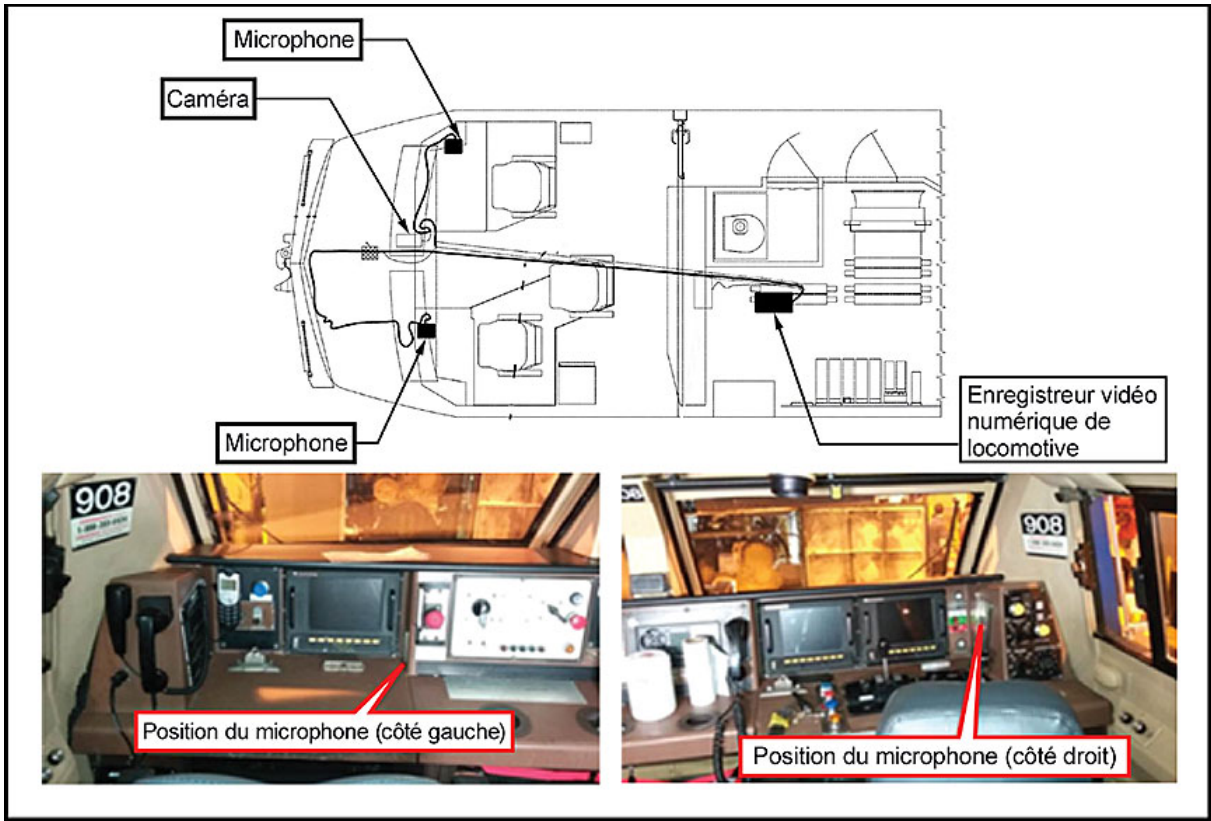
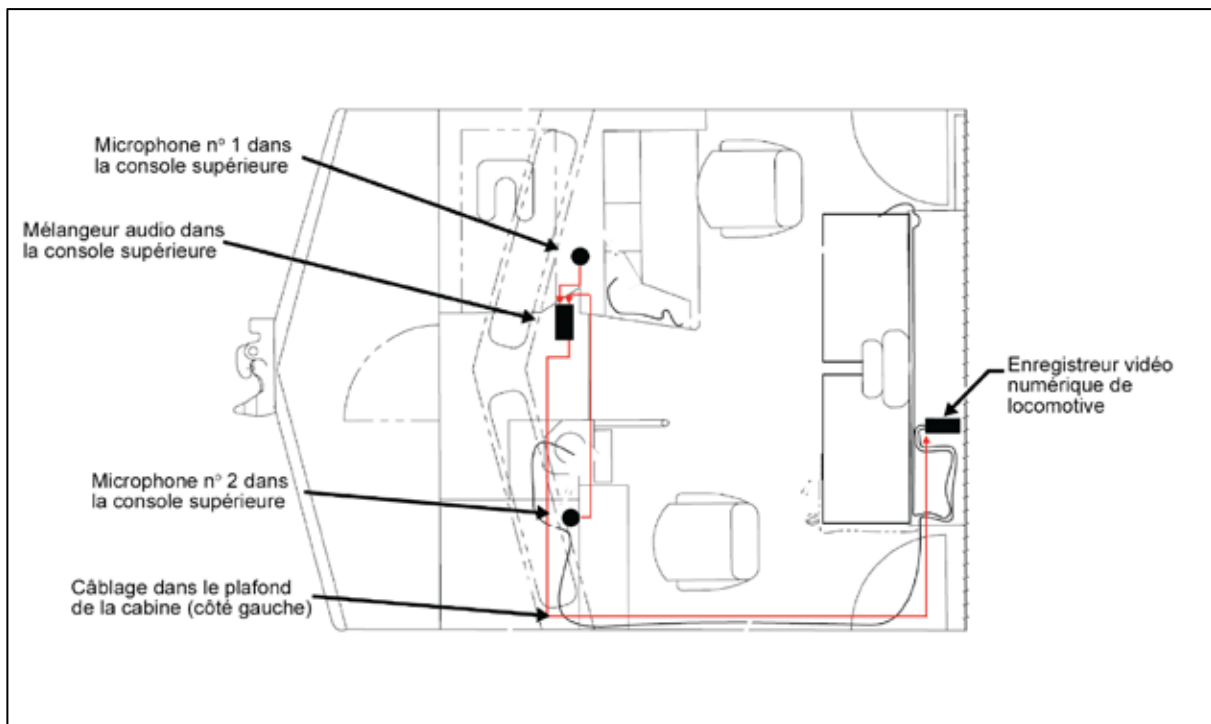


Figure E2. Chemin de fer A : Système d'enregistrement prototype (1 locomotive seulement). Microphones installés au plafond de la cabine. (Source : Chemin de fer A)



Chemin de fer B (vidéo seulement)

Des enregistrements de 5 locomotives du chemin de fer B dotées d'un système d'enregistrement vidéo seulement orienté vers l'intérieur de la cabine ont été examinés. Les systèmes comprenaient des projecteurs infrarouges pour l'enregistrement en condition de faible luminosité. Les caméras orientées vers l'intérieur étaient réglées à une fréquence de 7 à 8 ips.

Deux caméras étaient installées au plafond de la cabine de la locomotive. Une des caméras était dans le coin avant droit de la cabine (en regardant vers l'avant de la locomotive) et orientée vers le bas et vers l'arrière en direction du siège du mécanicien de locomotive. L'autre caméra se trouvait près du centre de la cabine et était orientée vers le bas et vers le côté en direction du siège du chef de train (figure E3).

Figure E3. Chemin de fer B : Emplacement des caméras au plafond de la cabine (cercles blancs) (Source : Chemin de fer B)

*Chemin de fer C (vidéo seulement)*

Des enregistrements de 2 locomotives du chemin de fer C dotées d'un système d'enregistrement vidéo seulement ont été examinés. Les locomotives avaient 2 caméras orientées vers l'intérieur de la cabine et des projecteurs infrarouge pour améliorer la visibilité dans des conditions de faible éclairage.

Le chemin de fer C utilisait 2 configurations de caméras en fonction de l'aménagement de la cabine de la locomotive. Pour les 2 configurations, les caméras orientées vers l'intérieur de la cabine étaient réglées à une résolution d'enregistrement de 1280 × 1024 pixels et à une fréquence de 30 ips. Chacun des systèmes d'enregistrement vidéo du chemin de fer C comprenait 2 caméras montées au plafond de la cabine, juste au-dessus des pare-soleil,

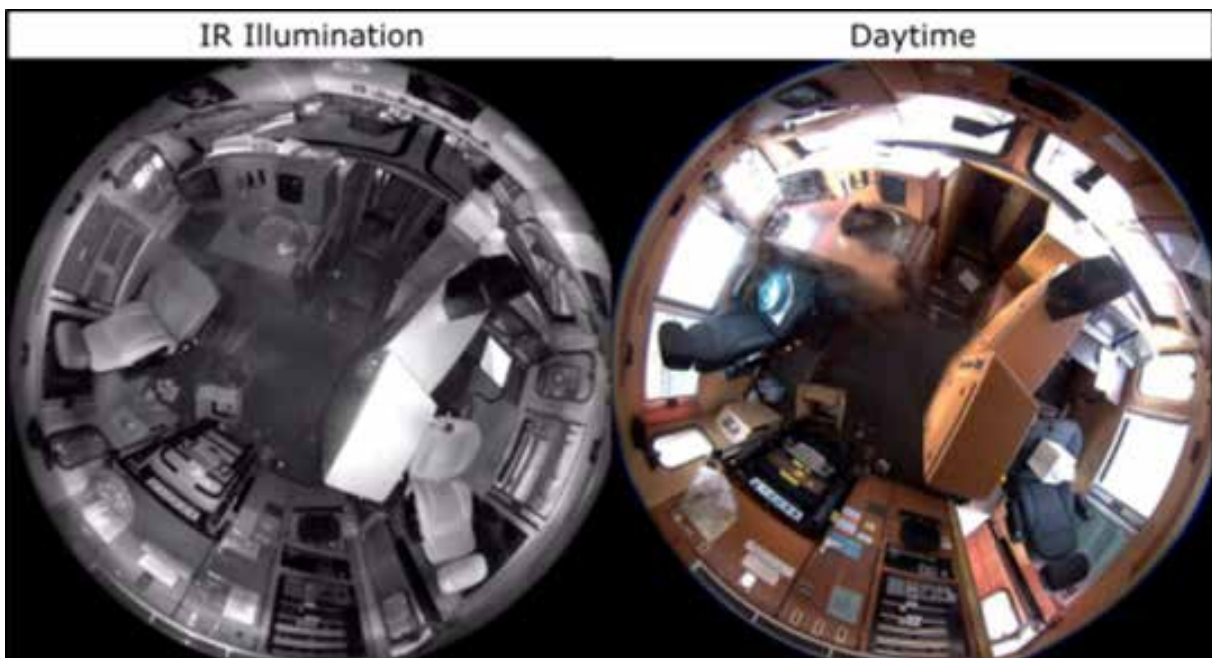
orientées vers l'arrière, vers les sièges du mécanicien de locomotive et du chef de train (figure E4).

Figure E4. Chemin de fer C : Emplacement des caméras dans la cabine et images de jour (en haut) et de nuit (en bas) (Photos : Chemin de fer C)



Les locomotives du chemin de fer C étaient aussi équipées d'une caméra centrale ultra-grand-angulaire et à source d'éclairage à infrarouge pour l'enregistrement par faible luminosité. Cette caméra captait des images de l'intérieur de la cabine sur 360°. Le logiciel de lecture de la caméra ultra-grand-angulaire comprend un outil qui rectifie l'image et qui permet aux observateurs de parcourir l'intérieur de la cabine comme s'ils déplaçaient la caméra. La figure E5 montre des images fixes captées par la caméra ultra-grand-angulaire.

Figure E5. Vue de la caméra ultra-grand-angulaire dans les locomotives du chemin de fer C (Source : Chemin de fer C)



Chemin de fer D (vidéo/audio)

Des enregistrements de 3 locomotives du chemin de fer D dotées de systèmes d'enregistrement vidéo et audio orientés vers l'intérieur ont été évalués.

La figure E6 montre la configuration du système. Des microphones omnidirectionnels raccordés aux caméras vidéo étaient installés au-dessus de la tête du mécanicien de locomotive et du chef de train (étoiles rouges à la figure E6). Un égaliseur audio (filtre) préréglé réduisait le bruit de fond au cours de l'enregistrement.

Deux caméras vidéo orientées vers l'intérieur (et vers l'avant) étaient installées au plafond, dans la partie arrière de la cabine. Une des caméras était orientée vers l'arrière du siège du chef de train (figure E7) et l'autre vers l'arrière du siège du mécanicien de locomotive (figure E8). Une troisième caméra était installée sur le tableau de bord, à l'avant de la locomotive; elle était orientée vers l'arrière, avec vue sur la paroi arrière et le tableau d'affichage du matériel. Les caméras ne comportaient pas d'éclairage infrarouge séparé, mais étaient conçues pour enregistrer dans des conditions de luminosité très faible (0,3 lux).

Figure E6. Chemin de fer D : Configuration du système d'enregistrement vidéo et audio. Emplacement et orientation des caméras (triangles gris) et des microphones (étoiles rouges) (Source : Chemin de fer B)

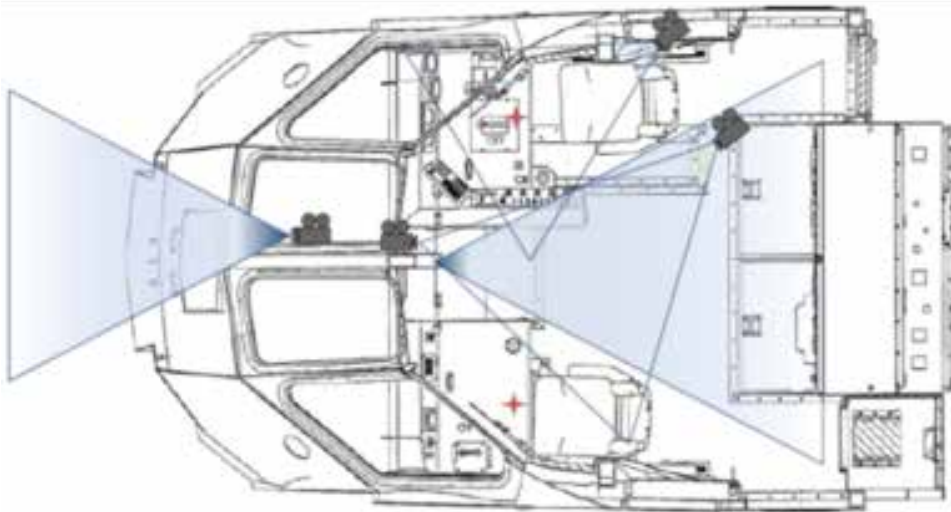


Figure E7. Chemin de fer D : Vue de la caméra sur l'aire de travail du mécanicien de locomotive et du chef de train (Source : Chemin de fer D)



Figure E8. Chemin de fer D : Vue de la caméra sur l'aire de travail du mécanicien de locomotive (Source : Chemin de fer D)



Annexe F – Liste partielle des lois et règlements régis par Transports Canada ou par son entremise qui pourraient devoir être modifiés

Transport aérien

Code canadien du travail, L.R.C. (1985), ch. L-2

Loi sur l'aéronautique, L.R.C. (1985), ch. A-2

Loi sur le ministère des Transports, L.R.C. (1985), ch. T-18

Loi sur les transports au Canada, L.C. 1996, ch. 10

Transport maritime

Code canadien du travail, L.R.C. (1985), ch. L-2

Loi maritime du Canada, L.C. 1998, ch. 10

Loi sur la marine marchande du Canada, 2001, L.C. 2001, ch. 26

Loi sur les transports au Canada, L.C. 1996, ch. 10

Loi sur le ministère des Transports, L.R.C. (1985), ch. T-18

Transport ferroviaire

Code canadien du travail, L.R.C. (1985), ch. L-2

Loi sur la sécurité ferroviaire, L.R.C. (1985), ch. 32 (4^e suppl.)

Loi sur le ministère des Transports, L.R.C. (1985), ch. T-18

Loi sur les transports au Canada, L.C. 1996, ch. 10

Annexe G – Facteurs humains et opérationnels : Résultats des évaluations

Résultats des évaluations du chemin de fer A (audio seulement)

Le sous-groupe chemin de fer A a examiné, au cours de 3 séances, 14 enregistrements audio de 60 minutes provenant de 9 locomotives. Les enregistrements provenant de 1 des 2 microphones installés ont été étudiés parallèlement aux données de la caméra orientée vers l'avant de la locomotive. Aucun des enregistrements n'était synchronisé avec les données du consignateur d'événements de locomotive (CEL), mais tous pouvaient l'être manuellement, au besoin. Tous les enregistrements ont été réalisés sur des itinéraires réguliers en février et en mars 2016.

Deux des enregistrements, provenant d'une locomotive avec configuration système prototype, étaient de piètre qualité à cause d'un bruit de fond excessif et difficile à filtrer. Par conséquent, le sous-groupe n'a pas pu évaluer les données audio de ces 2 enregistrements, qui ont été exclus de l'analyse. Les résultats portent donc sur les 12 enregistrements restants.

Conditions environnementales/opérationnelles

Huit des 12 enregistrements ont été réalisés le jour, 1 à l'aube et 3 la nuit. Lors de 11 enregistrements, le ciel était soit dégagé, soit couvert; dans 1 cas, il neigeait. Les trains étaient en mouvement de 80 % à 100 % du temps dans les segments des enregistrements examinés, et circulaient dans des secteurs à voie simple ou à voie multiple, dans des zones urbaines et rurales⁵⁰.

Le sous-groupe a déterminé que dans tous les enregistrements, les équipes dans la cabine de locomotive comptaient au moins 2 membres, et au plus 3. Il n'a pas toujours été possible de déterminer de façon concluante, simplement au moyen d'enregistrements audio, le nombre de personnes qui se trouvaient dans la cabine, surtout lorsque l'itinéraire et les voix des membres de l'équipe n'étaient pas familiers aux examinateurs. Dans 5 des 12 enregistrements (42 %), le sous-groupe n'a pas pu différencier la voix du mécanicien de locomotive de celle du chef de train. Différentes raisons expliquent cette difficulté, entre autres :

- À l'écoute d'un enregistrement réalisé à partir d'un seul microphone, il était parfois difficile de déterminer où chaque membre était assis ou se trouvait. L'écoute simultanée d'enregistrements des 2 microphones aiderait à déterminer les endroits où chacun est assis selon le volume de la voix. Ce serait d'autant plus facile si l'examineur connaissait les voix et les rôles des personnes dans la cabine.
- Les conversations radio provenant d'autres trains dans les environs rendaient parfois difficile la détermination des rôles des membres de l'équipe.

⁵⁰ La possibilité d'évaluer les enregistrements de concert avec les images captées par la caméra extérieure orientée vers l'avant (qui étaient synchronisées avec les fichiers audio) s'est révélée utile dans ce contexte.

- Dans 6 des 12 fichiers (50 %), on n'a noté aucune difficulté concernant l'audibilité des enregistrements. Pour les 6 autres fichiers (50 %), on a noté les problèmes suivants :
- La vitesse de la locomotive semblait influencer sur le niveau de bruit à l'intérieur de la cabine, ce qui se répercutait sur l'audibilité des enregistrements; des vitesses plus lentes permettaient de meilleurs résultats que des vitesses plus élevées.
- Il était parfois difficile, en examinant les données de seulement 1 des 2 microphones installés, d'entendre les 2 membres de l'équipe.
- Il se peut que certaines transmissions radio n'aient pas été entendues à cause de l'interférence possible de transmissions radio d'autres locomotives qui syntonisaient le même canal.
- L'examen du seul enregistrement réalisé par temps neigeux laisse supposer que la neige étouffe les sons enregistrés provenant de l'extérieur (de la locomotive).

On a noté des enjeux techniques liés aux limites de qualité de la caméra orientée vers l'avant (qui enregistrait à une fréquence de 15 ips), y compris la difficulté fréquente de distinguer la couleur du signal de contrôle de train.

Capacité de discerner les comportements liés aux enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité

A. Opérations normales

Le sous-groupe a évalué chacun des 12 enregistrements pour voir s'ils permettaient de discerner comment l'équipe de conduite utilisait les commandes et les affichages de la locomotive, et s'il était possible d'observer des signes de réaction de l'équipe aux alarmes ou avertissements sonores générés par ces systèmes. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette évaluation.

Tableau G1. Proportion des enregistrements* où on voit l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive

Manipulation des commandes de locomotive	Proportion des enregistrements* qui indiquent** les manipulations des commandes par l'équipe de conduite	Proportion des enregistrements* dans lesquels l'équipe de conduite a réagi à des avertissements sonores
Manipulateur	100 %	Aucun avertissement
Freins		
• Rhéostatique	92 %	Aucun avertissement
• Automatique	100 %	Aucun avertissement
• Direct	92 %	Aucun avertissement
Commandes de la cloche et du sifflet	100 %	Aucun avertissement
Dispositif de veille automatique (RSC)	8,3 %	Aucun avertissement
Système de contrôle et de freinage en queue (TIBS)/unité de contrôle centrale (MCU)	Sans objet	Sans objet
Communications radio	92 %	Aucun avertissement
Commutateurs des phares	42 %	Aucun avertissement

* Total de 12 enregistrements.

** Le sous-groupe a jugé que l'enregistrement permettait une détermination soit « possible », soit « éventuellement possible ».

On a noté qu'il était beaucoup plus facile de discerner les manipulations des commandes de locomotive à partir d'enregistrements audio lorsqu'ils étaient rapprochés des images de la caméra extérieure orientée vers l'avant, car celles-ci fournissent le contexte pour reconnaître les sons dans les enregistrements.

A.1 Détection de signaux et réaction à ceux-ci

Les membres du sous-groupe ont convenu qu'ils pouvaient déterminer quand les membres de l'équipe de conduite détectaient la signalisation ferroviaire (externe) et comment ils y réagissaient dans tous les enregistrements qui offraient une audibilité de bonne qualité.

A.2 Annonces dans la cabine

Dans les segments de 10 minutes qui ont été examinés, on entendait les annonces dans la cabine dans 10 des enregistrements (83 %).

B. Situations d'urgence ou anormales

Le sous-groupe a pu déterminer les réactions des équipes aux détecteurs extérieurs ou en bordure de la voie dans 3 enregistrements de bonne qualité (25 %). Dans tous les cas, il s'agissait de messages provenant de détecteurs de boîtes chaudes. Aucune alarme n'a retenti dans les enregistrements qui ont été examinés. Par conséquent, le sous-groupe n'a pas pu évaluer les réactions aux alarmes sonores de bord (alarme de patinage, par exemple) ou

encore aux communications radio d'urgence. Le sous-groupe estimait que les enregistrements audio pourraient détecter ces alarmes, le cas échéant.

C. Capacité de discerner les comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité

C.1 Gestion des ressources de l'équipe

Dans 9 enregistrements (75 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner les éléments d'une gestion des ressources de l'équipe (CRM) judicieuse, y compris la résolution de problème efficace, les conversations sur les opérations, la planification, les conseils et directives à un stagiaire, la confirmation de directives, les observations sur le rendement et le leadership.

Le sous-groupe a noté que l'évaluation de la CRM dans la cabine à partir d'enregistrements audio était plus facile en regardant simultanément les images de la caméra extérieure orientée vers l'avant, ainsi qu'en ayant du contexte sur les membres de l'équipe et sur l'emplacement géographique du tronçon de voie.

C.2 Stress

Dans 10 enregistrements (83 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de stress d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Dans 7 enregistrements (58 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de stress à partir d'indices auditifs, étant donné : 1) les limites de compréhension du contexte d'une situation sans données vidéo; et 2) l'absence d'une période de référence « sans stress » à laquelle on pourrait comparer l'enregistrement. Dans 1 enregistrement, il a été impossible d'évaluer le niveau de stress parce qu'il y avait trop peu de conversation audible. Ce cas illustre l'importance d'un enregistrement de longueur ou de durée suffisante pour permettre une évaluation.

C.3 Vigilance/fatigue

Dans 9 enregistrements (75 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de vigilance ou de fatigue d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Dans 8 enregistrements (67 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de vigilance/fatigue, étant donné : 1) les limites de compréhension du contexte d'une situation sans données vidéo ou d'autres renseignements sur les opérations; 2) des conversations insuffisantes pour permettre une évaluation; et 3) l'absence d'une période de référence « pleine vigilance » à laquelle comparer l'enregistrement.

C.4 Charge de travail

Le sous-groupe a jugé que dans 11 des 12 enregistrements (92 %), il était possible de déterminer combien de tâches un membre de l'équipe effectuait simultanément. Cependant, dans 10 enregistrements (83 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » de déterminer le nombre de tâches, étant donné que seules les tâches comprenant une composante auditive étaient discernables.

Le sous-groupe a jugé que dans 11 des enregistrements (92 %), il était possible de discerner des éléments/signes de la charge de travail d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Il a jugé que cela semblait seulement « éventuellement possible » dans 7 enregistrements (58 %). Certains membres du sous-groupe estimaient qu'il serait possible d'évaluer la charge de travail à partir du *contenu* du discours, mais pas au moyen des *caractéristiques* de la parole comme le timbre et le débit.

Le sous-groupe a noté l'importance d'examiner les enregistrements audio avec les données de la caméra extérieure orientée vers l'avant; l'évaluation aurait aussi grandement profité de données synchronisées du CEL. On a aussi fait valoir l'importance d'une période de référence à faible charge de travail, à titre comparatif. L'absence de paroles dans certains enregistrements ou segments d'enregistrements compliquerait également l'évaluation de la charge de travail; le sous-groupe a noté que l'absence de paroles ou de conversations n'indique pas nécessairement l'absence d'une charge de travail.

C.5 Conscience situationnelle

Le sous-groupe a jugé que dans 10 des 12 enregistrements (83 %), il était possible de déterminer le niveau de conscience situationnelle des membres de l'équipe. Dans 2 de ces enregistrements, le sous-groupe a jugé que la détermination semblait seulement « éventuellement possible », car il aurait été impossible de déterminer le niveau de conscience situationnelle lorsque les membres de l'équipe ne parlaient pas. On a noté qu'à cet égard, il serait utile d'avoir d'autres renseignements pour fournir du contexte, comme des images d'une caméra extérieure orientée vers l'avant, des données synchronisées du CEL et des images d'une caméra orientée vers l'intérieur. Malgré tout, le sous-groupe a pris note d'exemples de conscience situationnelle efficace, comme des membres de l'équipe qui annoncent des limitations de vitesse et y réagissent, qui maintiennent la bonne vitesse et qui réagissent aux exigences de passages à niveau.

C.6 Distraction/inattention

Le sous-groupe a convenu que dans 10 des 12 enregistrements (83 %), il pouvait constater que des membres de l'équipe se livraient à des activités secondaires, liées au travail ou non, comme des conversations sur les opérations ou autres. Toutefois, il a noté que l'utilisation de données auditives permettrait de discerner uniquement les activités secondaires qui comprennent un élément auditif. Il était parfois difficile de discerner les activités secondaires, par exemple durant les moments où il n'y avait aucune conversation entre les membres de l'équipe.

Pareillement, dans 9 enregistrements (75 %), le sous-groupe a déterminé qu'il était « possible » (5 enregistrements) ou « éventuellement possible » (4 enregistrements) de discerner des éléments/signes du niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe à partir d'indices auditifs, comme le contenu du discours. On a noté que des données vidéo qui viendraient compléter les données audio aideraient énormément un observateur à discerner les activités secondaires dans la cabine de locomotive.

Problèmes techniques

Le sous-groupe du chemin de fer A a cerné plusieurs problèmes techniques liés aux enregistrements audio. D'abord, il a noté que le système principal enregistre 2 fichiers audio distincts : 1 à partir des 2 microphones de bord jumelés au moyen d'un mélangeur de fichiers sonores, et 1 à partir de la caméra extérieure orientée vers l'avant. Le système enregistre aussi les données GPS et du CEL. Toutefois, même si les données audio, GPS et de la caméra orientée vers l'avant sont automatiquement synchronisées entre elles durant la lecture de l'enregistrement, les données du CEL ne le sont pas. Par conséquent, il n'était pas toujours possible de déterminer exactement : 1) l'heure de l'enregistrement des données; et 2) le membre de l'équipe (position dans la cabine) qui parlait. D'après le fournisseur, l'heure de l'enregistreur vidéo numérique de locomotive (LDVR) est synchronisée avec l'heure du CEL de la locomotive au moyen d'une application exclusive; cependant, la synchronisation après la collecte des données n'est pas automatisée.

Il faut noter que le LDVR, le CEL et les systèmes de télémessure du chemin de fer A avaient été installés à bord des locomotives à différents moments, et non qu'en tant que système intégré d'un fournisseur unique. Le chemin de fer a noté qu'une synchronisation non automatisée des données après la collecte nécessite beaucoup d'efforts; il s'agit donc d'un sujet à considérer à l'avenir.

À l'examen des enregistrements audio seulement, certains membres du sous-groupe ont soulevé un autre problème commun à tous les microphones d'ambiance. Il était parfois possible d'entendre très nettement les transmissions radio d'autres trains dans le secteur de la locomotive en question. Comme le haut-parleur de la radio se trouve dans la cabine de locomotive, il est normal qu'on entende les transmissions radio dans les enregistrements. On a considéré que, si les examinateurs des fichiers n'ont que peu d'information opérationnelle ou contextuelle, ils pourraient avoir de la difficulté à déterminer, à un moment précis, quelle équipe communique par radio. Ce ne serait pas le cas si les personnes qui examinent les enregistrements avaient assez d'information contextuelle.

Résultats des évaluations du chemin de fer B (vidéo seulement)

Le sous-groupe chemin de fer B a examiné, au cours de 2 séances, 5 enregistrements vidéo de 60 minutes provenant de 5 locomotives.

Les enregistrements provenant des caméras de bord ont été examinés de pair avec ceux de la caméra extérieure orientée vers l'avant de la locomotive. Aucun des enregistrements n'était synchronisé avec les données du CEL, mais tous les fichiers pouvaient l'être manuellement, au besoin. Tous les enregistrements ont été réalisés durant des déplacements réguliers, d'avril à août 2015.

Conditions environnementales/opérationnelles

Trois des 5 enregistrements vidéo examinés par le sous-groupe avaient été réalisés le jour; les 2 autres avaient été réalisés la nuit. Lors de 4 enregistrements, le ciel était soit dégagé, soit couvert; dans 1 cas, il pleuvait. Les trains étaient en mouvement de 40 % à 100 % du temps.

L'environnement de voie était surtout à voie simple (dans 4 des 5 enregistrements), et tous les trains circulaient en zones rurales.

On a observé la présence de 2 membres de l'équipe dans tous les enregistrements, et le sous-groupe a jugé qu'il pouvait facilement déterminer les rôles de mécanicien de locomotive et de chef de train.

Dans chacun des 5 fichiers, la netteté des enregistrements posait des problèmes :

- Dans tous les cas, la lecture des images des caméras de bord était saccadée. Cela était probablement attribuable à la basse fréquence d'images de ces caméras (de 6 à 8 ips) comparativement à la caméra orientée vers l'avant, laquelle enregistrait à une fréquence de 15 ips et a produit des images d'apparence plus fluide.
- Les 2 caméras de bord se trouvaient du côté droit (si on fait face vers l'avant) de la cabine de locomotive. Ainsi, certains des enregistrements n'ont pas saisi tous les comportements du chef de train, étant donné que la console du mécanicien ou le mécanicien lui-même bloquait l'angle de vue de la caméra.
- Dans plusieurs cas, des lunettes de soleil ou la visière d'une casquette empêchaient de voir les yeux des membres de l'équipe, car les caméras de bord étaient installées au plafond de la cabine de locomotive et offraient une vue plongeante de l'équipe de conduite. C'était plus souvent le cas lorsque l'angle de vue plongeant des caméras était particulièrement prononcé.
- On a noté des problèmes dans plusieurs enregistrements des caméras orientées vers l'avant, principalement liés à la faible résolution des images. Durant les périodes de faible luminosité, les images avaient un aspect granuleux ou flou. Il n'était pas toujours possible de distinguer les couleurs des signaux (externes) de commande de train saisis par la caméra orientée vers l'avant.
- La lecture vidéo des 3 caméras n'était pas automatiquement synchronisée. Par conséquent, durant la lecture de certains enregistrements, des membres du sous-groupe ont eu de la difficulté à suivre les gestes des 2 membres de l'équipe.
- On a relevé un problème concernant le projecteur infrarouge intégré aux caméras de bord. Dans des conditions de faible luminosité, le projecteur infrarouge s'éteignait dès qu'un membre de l'équipe allumait une source d'éclairage, par exemple une lampe de pupitre. Puis, lorsqu'on éteignait l'éclairage, il fallait beaucoup de temps (environ 40 secondes) avant que le projecteur infrarouge ne se rallume. Ainsi, l'enregistrement de cette caméra était entièrement noir durant cette période.
- Dans 1 enregistrement, les caméras de bord étaient mal alignées. Elles n'ont donc pas saisi d'importants renseignements de sécurité, comme les commandes du mécanicien de locomotive et le poste de travail du chef de train.

Capacité de discerner les comportements liés aux enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité

A. Opérations normales

Le sous-groupe a évalué 5 enregistrements pour voir s'ils permettaient de discerner comment l'équipe de conduite utilisait les commandes et les affichages de la locomotive, et

s'il était possible d'observer des signes de réaction de l'équipe aux alarmes ou avertissements visuels générés par ces systèmes. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette évaluation.

Tableau G2. Proportion des enregistrements* où on voit l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive

Manipulation des commandes de locomotive	Proportion des enregistrements*		Proportion des enregistrements* dans lesquels les données/affichages numériques des commandes étaient visibles	Proportion des enregistrements* dans lesquels l'équipe de conduite a réagi à des avertissements visuels
	Dans lesquels l'angle de vue des caméras permettait de saisir** les manipulations des commandes par l'équipe de conduite	Dans lesquels on a vu l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive		
Manipulateur/(indicateur de vitesse)	80 %	100 %/(100 %)	80 %/(0 %)	Aucun avertissement
Freins				
• Rhéostatique	100 %	100 %	20 %	Aucun avertissement
• Automatique	80 %	80 %	40 %	Aucun avertissement
• Direct	80 %	80 %	60 %	Aucun avertissement
Commandes de la cloche et du sifflet	100 %	100 %	20 %	Aucun avertissement
RSC	80 %	60 %	40 %	30 %
TIBS/MCU	100 %	80 %	20 %	Aucun avertissement
Communications radio	80 %	80 %	20 %	Aucun avertissement
Commutateurs des phares	60 %	60 %	20 %	Aucun avertissement

* Total de 5 enregistrements.

** Le sous-groupe a jugé que l'enregistrement permettait une détermination soit « possible », soit « éventuellement possible ».

Le sous-groupe a souligné que la résolution de la caméra de bord du chemin de fer B était trop basse pour qu'il puisse discerner de façon fiable le canal radio qui était utilisé ou la position de certaines des commandes, même lorsque l'angle de vue de la caméra était favorable. Les membres du sous-groupe ont noté que même s'ils pouvaient déterminer si un membre de l'équipe manipulait une commande, il était souvent impossible de déterminer la position exacte de celle-ci.

A.1 Détection de signaux et réaction à ceux-ci

Les membres du sous-groupe ont convenu qu'ils pouvaient déterminer quand les membres de l'équipe de conduite détectaient la signalisation ferroviaire (externe) dans 4 des 5 enregistrements (80 %).

A.2 Annonces dans la cabine

Il n'a été possible dans aucun cas de déterminer si les membres de l'équipe faisaient des annonces dans la cabine. On a noté qu'il serait plus facile d'évaluer les annonces dans la cabine si on avait aussi accès à des données audio de bord complémentaires.

B. Situations d'urgence ou anormales

Aucun des enregistrements ne comprenait de messages externes (de détecteurs, par exemple) ou d'alarmes de bord. Par conséquent, le sous-groupe n'a pas pu évaluer les réactions des équipes de conduite aux détecteurs extérieurs ou en bordure de la voie ou encore aux alarmes de bord (comme une alarme de patinage).

C. Capacité de discerner les comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité

C.1 Gestion des ressources de l'équipe

Dans 4 enregistrements (80 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible d'observer des éléments d'une CRM efficace. Étant donné l'absence de données audio de bord, les seuls indices visuels qui permettaient d'évaluer le niveau de CRM de l'équipe de conduite étaient :

- 1) la mesure dans laquelle les membres de l'équipe semblaient entretenir une conversation;
- 2) les expressions faciales (sourires ou non, rires); et 3) le langage corporel ou les mouvements (si les membres de l'équipe se faisaient face, s'ils se regardaient, s'ils étaient assis ou debout, et où ils se trouvaient dans la cabine de locomotive).

On a aussi noté qu'en l'absence de conversations ou d'interactions entre les membres de l'équipe, il était très difficile d'évaluer la CRM à partir de données vidéo sans données audio complémentaires. L'absence d'interaction entre membres de l'équipe ne signifie pas nécessairement l'absence d'une CRM efficace. On a fait valoir qu'en ajoutant du contexte (données audio), l'évaluation des questions de CRM serait beaucoup plus facile et exacte.

Enfin, le sous-groupe a constaté qu'à partir d'enregistrements vidéo seulement, il était plus facile d'évaluer la CRM en visionnant simultanément la vidéo de la caméra extérieure orientée vers l'avant. Cette tâche serait aussi plus facile s'il y avait du contexte sur les membres de l'équipe et sur l'emplacement géographique du tronçon de voie.

C.2 Stress

Dans 4 enregistrements (80 %), le sous-groupe a jugé qu'il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes du niveau de stress d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme un regard fixé sur un point et le balayage visuel. Pareillement, il a jugé qu'il était « possible » (2 enregistrements) ou « éventuellement

possible » (3 enregistrements) d'évaluer le niveau de stress à partir d'indices physiques, comme la nature des activités, la position du corps et la posture. La décision d'accorder seulement une cote « éventuellement possible », se justifie par diverses raisons :

1. Certains membres du sous-groupe estimaient qu'il serait préférable d'avoir une mesure de base « sans stress » d'un membre de l'équipe à laquelle on pourrait comparer le niveau de stress apparent observé.
2. Les lunettes de soleil des membres de l'équipe limitaient la capacité du sous-groupe d'observer le comportement visuel.
3. L'évaluation du comportement visuel était difficile à cause de la basse résolution des enregistrements vidéo.
4. Tous les membres du sous-groupe estimaient qu'il était tout simplement impossible d'évaluer exactement le niveau de stress sans données audio.

C.3 *Vigilance/fatigue*

Dans 4 enregistrements (80 %), le sous-groupe a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » de discerner les éléments/signes du niveau de vigilance ou de fatigue d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme la fréquence de fermeture des paupières et le balayage visuel, car : 1) les angles des caméras permettaient de voir les yeux des membres de l'équipe à certains moments seulement; 2) la résolution des vidéos était insuffisante pour déterminer de façon sûre la vitesse de clignement des yeux et autres mouvements oculaires; et 3) les lunettes de soleil des membres de l'équipe obstruait la vue des yeux.

Dans 4 enregistrements (80 %), il était « possible » (mais seulement « éventuellement possible » dans 1 enregistrement) d'évaluer le niveau de vigilance d'un membre de l'équipe à partir d'indices physiques, comme les bâillements et les étirements. Le sous-groupe a conclu que dans le cas faisant exception, la basse résolution de la vidéo limitait la capacité de discerner et d'utiliser efficacement les indices physiques pour déterminer la vigilance.

C.4 *Charge de travail*

Le sous-groupe a jugé que dans les 5 enregistrements (100 %), il était possible de déterminer combien de tâches un membre de l'équipe effectuait simultanément. Cependant, dans 4 enregistrements (80 %), il a jugé qu'il était seulement « éventuellement possible » de le faire, en l'absence de données audio. Le sous-groupe a établi que, même si les enregistrements vidéo permettaient de discerner le comportement global, comme l'utilisation de la radio ou la manipulation des commandes de locomotive, une évaluation détaillée du comportement est impossible sans disposer aussi d'enregistrement audio.

Le sous-groupe a jugé que dans 2 des enregistrements (40 %), il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de la charge de travail d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels. Pour justifier ces cotes, les membres du sous-groupe ont évoqué la difficulté d'observer les yeux des membres de l'équipe à cause de la piètre qualité ou la basse résolution de l'enregistrement vidéo.

Le sous-groupe a jugé que dans les 5 enregistrements (100 %), il était possible d'évaluer la charge de travail des membres de l'équipe à partir d'indices physiques, comme le niveau d'activité ou la posture. Toutefois, dans 4 enregistrements (80 %), il a jugé que cela semblait seulement « éventuellement possible » à cause des limites de qualité ou de la basse résolution de la vidéo.

C.5 Conscience situationnelle

Le sous-groupe a jugé que dans chacun des 5 enregistrements (100 %), il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de conscience situationnelle de l'équipe de conduite à partir d'indices visuels. On a souligné que le port de lunettes de soleil par les membres de l'équipe masquait parfois leurs yeux, et que dans certains enregistrements, les angles de caméra ne permettaient pas de voir les yeux des 2 membres de l'équipe. On a noté que des données audio complémentaires fourniraient du contexte qui favoriserait énormément l'évaluation exacte de la conscience situationnelle des membres d'équipes de conduite dans les cas où leurs yeux n'étaient pas visibles.

De plus, on a noté que les membres du sous-groupe avaient utilisé une combinaison d'indices visuels et physiques, comme les activités de l'équipe de conduite, pour évaluer le niveau de conscience situationnelle. En outre, il était plus facile d'évaluer les enregistrements vidéo de bord en visionnant simultanément la vidéo de la caméra orientée vers l'avant.

C.6 Distraction/inattention

Dans 5 enregistrements (100 %), le sous-groupe a convenu qu'il pouvait observer les membres de l'équipe qui se livraient à des activités secondaires, liées ou non au travail. On a fait remarquer qu'il était parfois difficile de discerner certaines tâches secondaires sans le recours à des enregistrements audio.

Pareillement, dans 3 enregistrements (60 %), le sous-groupe a jugé qu'il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes du niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices visuels, comme la direction du regard et le balayage visuel. Dans les 5 enregistrements (100 %), le sous-groupe a estimé qu'il était soit « possible » (1 enregistrement), soit « éventuellement possible » (4 enregistrements) d'évaluer le niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices physiques, comme l'interaction avec des dispositifs ou l'équipement. Le sous-groupe a noté que, même s'il était possible de discerner les tâches auxquelles se livrait l'équipe de conduite, la basse fréquence d'images (6 à 8 ips) des caméras de bord limitait la capacité de déterminer le *niveau* de distraction. Le sous-groupe a en outre noté que des enregistrements audio qui viendraient compléter les images aideraient énormément un observateur à discerner les activités secondaires dans la cabine de locomotive.

Problèmes techniques

Les membres du sous-groupe ont cerné 2 principaux problèmes techniques du système du chemin de fer B. Le premier était le délai de reprise du projecteur infrarouge – ce dernier s'éteignait quand on allumait une lampe de pupitre et mettait beaucoup de temps à se

rallumer après qu'on avait éteint la lampe. En conséquence, la caméra n'enregistrait aucune donnée durant le délai de reprise.

Le deuxième était la non-synchronisation des données des caméras avec celles du CEL, du GPS ou d'autres caméras. Il était donc parfois difficile de déterminer exactement ce qui se passait dans la cabine de locomotive au fil des événements.

Résultats des évaluations du chemin de fer C (vidéo seulement)

Le sous-groupe chemin de fer C a examiné, en 1 séance, 5 enregistrements vidéo de 20 à 300 minutes provenant de 2 locomotives.

Les enregistrements réalisés par des caméras de bord ont été examinés de pair avec les données de la caméra extérieure orientée vers l'avant de la locomotive. Aucun des enregistrements n'était synchronisé avec les données du CEL, mais tous les fichiers pouvaient l'être manuellement, au besoin. On a noté que le chemin de fer C prévoyait automatiser la synchronisation de tous les canaux vidéo. Tous les enregistrements ont été réalisés durant des déplacements réguliers, de mars à avril 2016.

Conditions environnementales/opérationnelles

Un des 5 enregistrements vidéo examinés par le sous-groupe a été réalisé le jour; les 4 autres ont été réalisés la nuit. Lors de 4 enregistrements, le ciel était dégagé; dans 1 cas, il y avait du brouillard. Les trains étaient en mouvement de 70 % à 100 % du temps. L'environnement de voie était surtout à voie simple (dans 4 des 5 enregistrements) et en zones rurales (dans 4 des 5 enregistrements).

On a observé la présence de 2 membres de l'équipe dans tous les enregistrements, et le sous-groupe a jugé qu'il pouvait facilement déterminer les rôles de mécanicien de locomotive et de chef de train.

La qualité des enregistrements vidéo à bord des locomotives du chemin de fer C était remarquable pour sa netteté, sa définition et sa visibilité dans toutes les conditions de luminosité, y compris la noirceur totale. Cette qualité était probablement attribuable à la qualité des composantes techniques du système et à la fréquence d'images. La fréquence d'enregistrement de la caméra de bord (15 ips) et de la caméra extérieure orientée vers l'avant (30 ips) était suffisante pour éviter que la lecture des images paraisse saccadée.

Le sous-groupe a noté que la lentille ultra-grand-angulaire de la caméra de bord suspendue offrait une vue d'excellente qualité de l'intérieur complet de la cabine.

Il y avait des problèmes de visibilité des enregistrements dans 4 des 5 fichiers (80 %), bien qu'aucun ne concernait les spécifications techniques de l'équipement. Les problèmes en question étaient les suivants :

- Les caméras étaient installées dans des endroits tels qu'il était possible, en abaissant les pare-soleil des 2 sièges, de bloquer leur vue sur les 2 membres de l'équipe. Ainsi, il était parfois difficile pour le sous-groupe d'évaluer pleinement les conditions et les comportements.

- Lorsqu'ils étaient abaissés, les pare-soleil bloquaient le faisceau du projecteur infrarouge des caméras. Pour les enregistrements réalisés la nuit, il était ainsi plus difficile pour le sous-groupe d'évaluer précisément le comportement de l'équipe enregistré par d'autres caméras dont le champ visuel n'était pas obstrué.

Capacité de discerner les comportements liés aux enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité

A. Opérations normales

Le sous-groupe a évalué chacun des 5 enregistrements pour voir s'ils permettaient de discerner comment l'équipe de conduite utilisait les commandes et les affichages de la locomotive, et s'il était possible d'observer des signes de réaction de l'équipe aux alarmes ou avertissements visuels générés par ces systèmes. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette évaluation.

Tableau G3. Proportion des enregistrements* où on voit l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive

Manipulation des commandes de locomotive	Proportion des enregistrements*		Proportion des enregistrements* dans lesquels les données/affichages numériques des commandes étaient visibles	Proportion des enregistrements* dans lesquels l'équipe de conduite a réagi à des avertissements visuels
	Dans lesquels l'angle de vue des caméras permettait de saisir** les manipulations des commandes par l'équipe de conduite	Dans lesquels on a vu l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive		
Manipulateur/ (indicateur de vitesse)	100 %	100 %	40 % / (20 %)	Aucun avertissement
Freins				
• Rhéostatique	80 %	20 %	40 %	Aucun avertissement
• Automatique	80 %	20 %	40 %	Aucun avertissement
• Direct	80 %	20 %	40 %	Aucun avertissement
Commandes de la cloche et du sifflet	100 %	100 %	20 %	Aucun avertissement
RSC	100 %	80 %	60 %	20 %
TIBS/MCU	20 %	0 %	20 %	Aucun avertissement
Communications radio	100 %	100 %	20 %	Aucun avertissement
Commutateurs des phares	80 %	60 %	20 %	Aucun avertissement

* Total de 5 enregistrements.

** Le sous-groupe a jugé que l'enregistrement permettait une détermination soit « possible », soit « éventuellement possible ».

La lentille ultra-grand-angulaire utilisée sur la caméra suspendue pour réaliser les enregistrements du chemin de fer C offrait un champ de vision complet, mais la résolution limitée de la vidéo ne permettait pas toujours de discerner les détails, par exemple de l'affichage numérique de la radio. Le sous-groupe a également noté qu'il était impossible d'évaluer l'interaction de l'équipe avec les commandes lorsque le ou les pare-soleil bloquaient la vue des caméras de bord. L'examen de la vidéo saisie par la caméra ultra-grand-angulaire était toutefois utile dans ces cas. La caméra suspendue avait un avantage comparativement aux autres caméras, en ce sens qu'il était impossible de bloquer sa vue. Toutefois, elle était autant exposée que les autres caméras au risque que sa lentille soit égratignée ou masquée par du ruban ou d'autres matières.

A.1 Détection de signaux et réaction à ceux-ci

Les membres du sous-groupe ont convenu qu'ils pouvaient déterminer quand les membres de l'équipe de conduite détectaient la signalisation ferroviaire (externe) dans 4 des 5 enregistrements (80 %).

A.2 Annonces dans la cabine

Il n'a été possible dans aucun cas de déterminer si les membres de l'équipe faisaient des annonces dans la cabine. On a noté qu'il serait plus facile d'évaluer les annonces dans la cabine si on avait aussi accès à des données audio de bord complémentaires.

B. Situations d'urgence ou anormales

Le sous-groupe n'a pas discerné d'avertissement externe ni d'alarme dans les enregistrements qu'il a examinés. Par conséquent, il n'était pas pertinent d'évaluer la réaction des équipes de conduite aux détecteurs extérieurs ou en bordure de la voie ou encore aux alarmes de bord (comme une alarme de patinage).

C. Capacité de discerner les comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité

C.1 Gestion des ressources de l'équipe

Dans 1 enregistrement (20 %) seulement, le sous-groupe a jugé qu'il était possible d'observer des éléments d'une CRM efficace. Étant donné l'absence de données audio de bord, seuls des indices visuels permettaient d'évaluer le niveau de CRM de l'équipe de conduite : 1) la mesure dans laquelle les membres de l'équipe semblaient entretenir une conversation; 2) les expressions faciales (sourires ou non, rires); et 3) le langage corporel ou les mouvements (si les membres de l'équipe se faisaient face, s'ils se regardaient, s'ils étaient assis ou debout, et où ils se trouvaient dans la cabine de locomotive). Dans les 4 enregistrements pour lesquels le sous-groupe a estimé être incertain de pouvoir observer des éléments de CRM, les membres de l'équipe semblaient interagir très peu ou pas du tout. Cette situation peut être difficile à évaluer, car l'absence d'interaction apparente ne signifie pas nécessairement l'absence d'une bonne CRM. On a fait valoir qu'en ajoutant du contexte, des données audio rendraient l'évaluation des questions de CRM beaucoup plus facile et exacte.

Enfin, le sous-groupe a constaté qu'il était plus facile d'évaluer la CRM à partir d'enregistrements vidéo seulement si on visionnait simultanément la vidéo de la caméra extérieure orientée vers l'avant. Cette tâche serait aussi plus facile s'il y avait du contexte sur les membres de l'équipe et sur l'emplacement géographique du tronçon de voie.

C.2 Stress

Dans 3 enregistrements (60 %), le sous-groupe a jugé qu'il était « possible » (« éventuellement possible » dans 1 cas) de discerner des éléments/signes du niveau de stress d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme un regard fixé sur un point ou le balayage visuel. Pareillement, il a jugé qu'il était possible d'évaluer le niveau de stress à partir d'indices physiques, comme la nature des activités, la position du corps et la posture

dans chacune des 5 vidéos. On a néanmoins relevé certains problèmes : 1) les lunettes de soleil des membres de l'équipe, ainsi que les lunettes de sécurité transparentes, ont parfois limité la capacité du sous-groupe d'observer le comportement visuel; et 2) les pare-soleil, lorsqu'ils étaient abaissés, bloquaient la vue des yeux des membres de l'équipe, peu importe s'ils portaient ou non des lunettes.

C.3 *Vigilance/fatigue*

Dans 2 enregistrements (40 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de vigilance/fatigue d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme la vitesse de clignement des yeux et le balayage visuel, et dans les 5 enregistrements (100 %), qu'il était possible de le faire à partir d'indices physiques, comme les bâillements et les étirements. Dans 3 enregistrements (60 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de vigilance/fatigue à partir d'indices visuels, parce que : 1) les pare-soleil, lorsqu'ils étaient abaissés, bloquaient la vue des yeux des membres de l'équipe; et 2) les lunettes de soleil ou de sécurité faisaient qu'il était difficile de déterminer la position des yeux.

C.4 *Charge de travail*

Le sous-groupe a jugé que dans chacun des 5 enregistrements (100 %), il semblait seulement « éventuellement possible » de déterminer le nombre de tâches qu'effectuait simultanément un membre de l'équipe. Le sous-groupe a noté que, même si les enregistrements vidéo permettaient de discerner le comportement global, comme l'utilisation de la radio ou la manipulation des commandes de locomotive, une évaluation du comportement dans tous ses détails est impossible sans disposer aussi d'enregistrement audio. Les pare-soleil qui bloquaient la vue des caméras ont également limité la capacité du sous-groupe de déterminer le nombre de tâches.

Le sous-groupe a jugé que dans chacun des 5 enregistrements (100 %), il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de la charge de travail d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels. Les lunettes de soleil limitaient la capacité d'évaluer les indices visuels dans un fichier enregistré de jour, comme le faisaient les pare-soleil abaissés dans les vidéos enregistrées le jour ou la nuit. L'éclairage infrarouge limité à cause de pare-soleil abaissés dans des conditions de faible luminosité a également compliqué la reconnaissance d'indices visuels par le sous-groupe.

Le sous-groupe a jugé qu'il était « possible », dans 3 enregistrements (60 %), d'évaluer la charge de travail des membres de l'équipe à partir d'indices physiques, comme le niveau d'activité ou la posture, mais que cela semblait seulement « éventuellement possible » dans 2 enregistrements (40 %), à cause des pare-soleil abaissés qui bloquaient partiellement ou entièrement la vue des caméras de bord.

C.5 *Conscience situationnelle*

Le sous-groupe a jugé que dans chacun des 5 enregistrements (100 %), il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de conscience situationnelle de

l'équipe de conduite à partir d'indices visuels. On a remarqué que les membres du sous-groupe avaient utilisé une combinaison d'indices visuels et physiques, comme les activités de l'équipe de conduite, pour évaluer le niveau de conscience situationnelle. Il n'était pas toujours possible de voir les yeux des membres de l'équipe, soit parce qu'ils portaient des lunettes de soleil, soit parce que les pare-soleil bloquaient la vue de la caméra. On a noté que des données audio complémentaires fourniraient du contexte qui favoriserait énormément l'évaluation exacte de la conscience situationnelle des membres d'équipes de conduite.

C.6 Distraction/inattention

Dans 5 enregistrements (100 %), le sous-groupe a convenu qu'il pouvait observer les membres de l'équipe qui se livraient à des activités secondaires, liées ou non au travail. Pareillement, dans les 5 enregistrements (100 %), le sous-groupe a jugé qu'il était soit « possible » (1 enregistrement), soit « éventuellement possible » (4 enregistrements) de discerner des éléments/signes du niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices visuels, comme la direction du regard et le balayage visuel. Dans les 5 enregistrements (100 %), le sous-groupe a estimé qu'il était soit « possible » (3 enregistrements), soit « éventuellement possible » (2 enregistrements) d'évaluer le niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices physiques, comme l'interaction avec les dispositifs ou l'équipement. Les pare-soleil et les lunettes de soleil étaient les seuls facteurs qui pouvaient nuire à l'évaluation du niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite.

Le sous-groupe a en outre noté que des enregistrements audio qui viendraient compléter les vidéos aideraient un observateur à discerner les activités secondaires dans la cabine de locomotive.

Problèmes techniques

Les données des caméras n'étaient pas synchronisées avec celles du CEL, du GPS ou de la caméra orientée vers l'avant. Il était donc parfois difficile d'évaluer exactement ce qui se passait dans la cabine de locomotive au fil des événements.

En outre, chaque pare-soleil pouvait être positionné de manière à bloquer le champ de vision de la caméra.

Résultats des évaluations du chemin de fer D (vidéo/audio)

Le sous-groupe chemin de fer D a examiné, au cours de 3 séances, 13 enregistrements vidéo et audio d'environ 30 minutes chacun provenant de 3 locomotives. Ces enregistrements ont été examinés de pair avec les données de la caméra extérieure orientée vers l'avant. Tous les enregistrements étaient synchronisés avec les données du CEL et ont fait l'objet d'une lecture simultanée au moyen d'un logiciel spécialisé. Tous les enregistrements ont été réalisés sur des itinéraires réguliers, de janvier à mars 2016.

Conditions environnementales/opérationnelles

Six des 13 enregistrements ont été réalisés le jour, 3 à l'aube, 1 au crépuscule et 3 la nuit. Lors de 11 enregistrements, le ciel était soit dégagé, soit couvert. Dans 1 cas, il neigeait; dans 1 autre, il pleuvait. Les trains étaient en mouvement de 20 % à 100 % du temps dans les segments des enregistrements visionnés, et circulaient dans des secteurs à voie simple ou à voie multiple, dans des zones urbaines et rurales. Un enregistrement a été fait alors que la locomotive se trouvait dans un triage.

Dans la plupart des enregistrements (8 des 13), on a constaté la présence de 3 membres de l'équipe. Dans 3 enregistrements, il y avait seulement 2 membres de l'équipe, et dans 1 enregistrement, 1 seul. Enfin, dans 1 enregistrement, aucune équipe n'était présente – les membres de l'équipe occupaient la cabine à l'autre extrémité de la locomotive, qui n'était pas munie d'enregistreurs. On a noté qu'il est prévu munir les 2 extrémités des locomotives d'enregistreurs. Ce dernier enregistrement a été exclu de l'analyse, ce qui a laissé 12 enregistrements.

Dans tous les enregistrements sauf 1, il a été jugé qu'on pouvait facilement déterminer les rôles du mécanicien de locomotive, du chef de train et du troisième membre de l'équipe. Dans l'enregistrement qui fait exception, il y avait 3 membres de l'équipe, mais le sous-groupe n'a pas pu déterminer avec certitude qui était le chef de train stagiaire et qui était le chef de train.

Dans 10 des 12 fichiers (83 %), la netteté des enregistrements posait problème :

- Dans plusieurs enregistrements, étant donné la position du mécanicien de locomotive dans son siège, un seul angle de caméra pouvait saisir cette personne en position assise. Cette caméra était orientée vers le dos du siège du mécanicien de locomotive, et aucune caméra ne montrait son visage.
- Dans plusieurs enregistrements, la caméra orientée vers l'arrière, installée à l'avant de la locomotive, ne captait pas le visage du conducteur, ou pointait trop haut. Le sous-groupe a donc eu de la difficulté à évaluer les comportements de l'équipe de conduite. Certains membres du sous-groupe ont conclu que la caméra s'était sans doute désalignée.
- Les images vidéo des caméras de bord étaient parfois floues, probablement à cause de la résolution relativement basse de la vidéo. L'apparence des images semblait moins granuleuse lorsque le niveau de luminosité était plus élevé. Aux arrêts en gare, où le niveau de luminosité tendait à augmenter, la qualité des images était souvent bonne.
- Les caméras de bord étaient conçues pour enregistrer à de faibles niveaux de luminosité, mais elles n'ont pas pu saisir des images détaillées dans ces conditions. On a jugé que les enregistrements réalisés à de faibles niveaux de luminosité étaient adéquats lorsqu'on allumait une source d'éclairage secondaire dans la cabine, par exemple une lampe de pupitre.
- Dans plusieurs fichiers, la lecture de la caméra extérieure orientée vers l'avant avait parfois tendance à figer. La source de ce problème demeure inconnue.

- Il était parfois difficile de bien distinguer les couleurs des signaux de commande de train dans l'image de la caméra orientée vers l'avant.
- Dans certains cas, lorsqu'une locomotive entrait dans une zone de faible luminosité temporaire (un tunnel, par exemple), l'ajustement des éléments infrarouges de l'enregistreur vidéo ne se faisait pas à temps, et l'image vidéo devenait noire.

Dans chacun des 12 fichiers (100 %), l'audibilité des enregistrements a posé problème. Plusieurs fichiers émettaient des gargouillements et il était difficile pour le sous-groupe de distinguer les paroles. C'était peut-être dû à la lecture audio à l'aide d'un haut-parleur externe afin que tous les membres du sous-groupe puissent écouter. L'utilisation d'un casque d'écoute pourrait améliorer l'audibilité des enregistrements, mais on n'a pas cherché à approfondir cette question. L'accélération du train semblait également influencer sur l'audibilité des enregistrements; le sous-groupe a constaté une meilleure audibilité lorsque les locomotives étaient stationnaires ou lorsqu'elles n'accéléraient pas.

D'autres facteurs ont nui à l'audibilité :

- Dans chacun des 12 enregistrements, la lecture des enregistrements audio s'interrompait souvent, quoique brièvement.
- Dans beaucoup de fichiers, les voix des membres de l'équipe n'étaient pas toutes audibles sur les pistes audio. On a déterminé la source de ce problème : la lecture des données audio n'était pas synchronisée avec la vidéo; dans certains cas, le décalage atteignait 11 secondes⁵¹.
- Dans certains cas, il n'était pas toujours possible d'entendre le klaxon du train dans les fichiers audio. Toutefois, des indices visuels ont permis aux membres du sous-groupe de déterminer quand il était actionné; par exemple, on pouvait voir les phares de fossé clignoter dans la vidéo de la caméra orientée vers l'avant.
- Dans certains fichiers, la source des données audio était difficile à déterminer. Certains membres du sous-groupe ont soutenu qu'il serait impossible de savoir exactement quel membre de l'équipe parlait à tel ou tel moment, à moins que chaque membre porte un casque d'écoute muni d'un microphone (semblable à ceux que portent les pilotes d'aéronefs).

Capacité de discerner les comportements liés aux enjeux opérationnels pertinents pour la sécurité

A. Opérations normales

Le sous-groupe a évalué chacun des 12 enregistrements pour voir s'ils permettaient de discerner comment l'équipe de conduite utilisait les commandes et les affichages de la locomotive, et s'il était possible d'observer des signes de réaction de l'équipe aux alarmes ou avertissements sonores et visuels générés par ces systèmes. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette évaluation.

⁵¹ Il est à noter qu'au moment de la rédaction du présent texte, le chemin de fer étudiait les problèmes de synchronisation.

Tableau G4. Proportion des enregistrements* où on voit l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive

Manipulation des commandes de locomotive	Proportion des enregistrements*		Proportion des enregistrements* dans lesquels les données/affichages numériques des commandes étaient visibles	Proportion des enregistrements* dans lesquels l'équipe de conduite a réagi à des avertissements sonores	Proportion des enregistrements* dans lesquels l'équipe de conduite a réagi à des avertissements visuels
	Dans lesquels l'angle de vue des caméras permettait de saisir** les manipulations des commandes par l'équipe de conduite	Dans lesquels on a vu l'équipe de conduite manipuler les commandes de locomotive			
Manipulateur/ (indicateur de vitesse)	83 %	75 %	42 % / (83 %)	Aucun avertissement	Aucun avertissement
Freins					
Rhéostatique	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
Automatique	75 %	83 %	50 %	Aucun avertissement	Aucun avertissement
Direct	92 %	83 %	50 %	Aucun avertissement	Aucun avertissement
Commandes de la cloche et du sifflet	92 %	50 %	50 %	Aucun avertissement	Aucun avertissement
RSC	75 %	67 %	8,3 %	Aucun avertissement	42 %
TIBS/MCU	25 %	25 %	17 %	Aucun avertissement	Aucun avertissement
Communications radio	83 %	83 %	33 %	8,3 %	Aucun avertissement
Commutateurs des phares	75 %	67 %	75 %	Aucun avertissement	Aucun avertissement

* Total de 12 enregistrements.

** Le sous-groupe a jugé que l'enregistrement permettait une détermination soit « possible », soit « éventuellement possible ».

Dans plusieurs des enregistrements, on a noté que le corps des membres de l'équipe bloquait la vue de la caméra sur les commandes de locomotive. La raison en est que les caméras étaient positionnées derrière les positions assises. Dans 1 fichier, le niveau d'éclairage dans la cabine de locomotive était trop faible pour déterminer si la superficie couverte par les caméras permettait de saisir les commandes de locomotive.

On a aussi noté que des niveaux d'éclairage trop faibles dans la cabine empêchaient de voir les affichages numériques de certains écrans, surtout lorsque les trains étaient en mouvement. La visibilité était souvent meilleure lorsque le train s'immobilisait en gare. À

l'inverse, il était souvent plus facile pour le sous-groupe de lire l'affichage de l'indicateur de vitesse de la locomotive (affichage lumineux) lorsque le niveau d'éclairage ambiant était faible. On a également noté que les membres du sous-groupe qui connaissaient la configuration de la locomotive pouvaient lire les affichages numériques plus facilement.

A.1 Détection de signaux et réaction à ceux-ci

Les membres du sous-groupe ont convenu qu'ils pouvaient déterminer quand les membres de l'équipe détectaient la signalisation ferroviaire (externe) dans 8 des 12 enregistrements (67 %).

A.2 Annonces dans la cabine

On a observé des annonces dans la cabine dans 6 enregistrements (50 %).

B. Situations d'urgence ou anormales

Le sous-groupe n'a observé aucune réaction des équipes de conduite aux détecteurs extérieurs ou en bordure de la voie dans les enregistrements. Pareillement, il n'a observé aucune réaction des équipes à des alarmes de bord (comme une alarme de patinage) ou à des communications radio d'urgence. (Il faut préciser qu'aucune alarme n'a été vue ni entendue.)

C. Capacité de discerner les comportements liés aux facteurs humains pertinents pour la sécurité

C.1 Gestion des ressources de l'équipe

Dans 6 des 12 enregistrements (50 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible d'observer des éléments d'une CRM efficace, comme le leadership. L'existence de données audio de bord aurait pu, en théorie, faciliter l'évaluation du niveau de CRM. Toutefois, selon le sous-groupe, étant donné la qualité inégale des enregistrements audio, il était parfois difficile d'entendre et de distinguer les paroles des membres de l'équipe, surtout lorsqu'ils faisaient des annonces dans la cabine et y répondaient très rapidement, ou quand le bruit ambiant était élevé, comme lorsque le train roulait vite. Il était donc difficile d'évaluer le niveau de CRM dans la cabine à cause de la qualité inégale des enregistrements audio.

C.2 Stress

Dans 8 enregistrements (67 %), le sous-groupe a déterminé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de stress d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Dans 3 enregistrements (25 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » de le faire, étant donné : 1) la difficulté, en raison de la qualité limitée des données audio et des gargouillements occasionnels, de comprendre les conversations de l'équipe et donc de reconnaître des comportements particuliers (même si on a noté qu'il était possible de détecter les changements dans le timbre et le ton général de la voix); et 2) l'absence d'une période de référence « sans stress » à laquelle on pourrait comparer l'enregistrement.

Dans 7 des 12 enregistrements (58 %), le sous-groupe a jugé qu'il était « possible » (ou, dans 6 cas, « éventuellement possible ») de discerner des éléments/signes du niveau de stress

d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme un regard fixé sur un point ou le balayage visuel. Il a jugé qu'il était plus souvent possible d'évaluer le niveau de stress à partir d'indices physiques qu'à partir d'indices visuels, accordant en la matière la cote « possible » à 10 des 12 enregistrements. Dans 3 enregistrements, selon le consensus au sein du sous-groupe, la chose était seulement « éventuellement possible ». La décision d'accorder seulement une cote « éventuellement possible » se justifie par diverses raisons :

1. Les caméras de bord installées au plafond étaient dirigées vers le dos des membres de l'équipe (et l'avant de la locomotive); en conséquence, les membres de l'équipe pouvaient bloquer partiellement ou complètement la vue des commandes de locomotive. Il était donc parfois difficile de reconnaître de façon concluante les comportements.
2. Certaines des caméras de bord étaient mal alignées; en conséquence, 1 membre de l'équipe (ou tous) n'apparaissait pas dans le fichier vidéo (l'enregistrement audio a toutefois aidé le sous-groupe à comprendre le contexte même en cas de mauvais alignement des caméras).
3. Plusieurs enregistrements ne montraient pas les yeux des membres de l'équipe; il était donc difficile de déterminer les mouvements oculaires.
4. Pour certains enregistrements réalisés la nuit ou durant des périodes de faible luminosité, on a noté que la capacité infrarouge des caméras procurait des niveaux d'éclairage insuffisants pour bien voir le comportement de l'équipe.
5. Étant donné la piètre qualité d'image (granulation) de certains fichiers, il était difficile d'évaluer adéquatement les mouvements oculaires.

C.3 *Vigilance/fatigue*

Dans 7 des 12 enregistrements (58 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de vigilance/fatigue d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Dans 3 enregistrements (25 %), il a jugé qu'il était seulement « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de vigilance/fatigue. Dans les cas où le sous-groupe a jugé qu'il était impossible d'évaluer le niveau de vigilance, la raison principale en était la mauvaise qualité des données audio qui empêchait de distinguer les paroles (même si dans certains enregistrements, on pouvait entendre des bâillements). On a noté que les enregistrements audio étaient parfois utiles pour combler des lacunes des données vidéo – par exemple, lorsqu'un membre de l'équipe sortait du champ des caméras. Toutefois, on a également noté que la qualité limitée des données audio pouvait empêcher d'évaluer de façon concluante le niveau de vigilance.

Dans 7 enregistrements (58 %), le sous-groupe a jugé qu'il était possible de discerner des éléments/signes du niveau de vigilance/fatigue d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels, comme la vitesse de clignement des yeux et le balayage visuel, et que dans 10 enregistrements (83 %), il était « possible » (ou, dans 3 cas, « éventuellement possible ») de le faire à partir d'indices physiques, comme les bâillements et les étirements. Dans 5 enregistrements (42 %), il a jugé qu'il était seulement « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de vigilance/fatigue à partir d'indices visuels, parce que : 1) 2 des caméras de bord à l'arrière de la locomotive (orientées vers l'avant) étaient alignées de telle façon qu'elles ne

pouvaient pas toujours saisir l'image de certains membres de l'équipe; 2) dans certains enregistrements réalisés la nuit ou durant des périodes de faible luminosité, la capacité infrarouge des caméras procurait des niveaux d'éclairage insuffisants pour bien voir le comportement et les yeux de l'équipe de conduite; et 3) les caméras de bord ne saisissaient pas les visages des membres de l'équipe ou le faisaient de façon insuffisamment détaillée, ce qui limitait la capacité de voir et d'évaluer les mouvements oculaires.

C.4 Charge de travail

Le sous-groupe a jugé que dans 11 des 12 enregistrements (92 %), il était possible de déterminer le nombre de tâches qu'effectuait simultanément un membre de l'équipe. Dans 1 enregistrement (8,3 %), il a jugé qu'il semblait seulement « éventuellement possible » de déterminer le nombre de tâches, car seule la conduite de la locomotive était discernable. Dans 1 enregistrement, le sous-groupe n'a pas pu déterminer le nombre de tâches parce qu'il faisait trop sombre.

Le sous-groupe a déterminé que dans 9 enregistrements (75 %), il était possible de discerner des éléments/signes de la charge de travail d'un membre de l'équipe à partir d'indices auditifs. Il a jugé que dans 8 enregistrements (75 %), cela semblait seulement « éventuellement possible », pour les raisons suivantes :

1. Le sous-groupe a noté que, dans certains cas, il était impossible d'entendre les membres de l'équipe lorsqu'ils parlaient à la radio. (Le sous-groupe a déterminé par la suite que la lecture des fichiers audio et vidéo n'était pas synchronisée. Voilà qui explique qu'on ne pouvait pas entendre les paroles des membres de l'équipe bien qu'ils semblaient parler.)
2. Le sous-groupe pouvait voir que les membres de l'équipe parlaient, mais la qualité limitée des données audio empêchait de bien comprendre ce qu'ils disaient. (On a fait valoir qu'on pourrait améliorer l'audibilité des enregistrements en utilisant des casques d'écoute.)
3. Il était parfois difficile de comprendre les paroles de l'équipe à cause de la saturation créée par d'autres sources de données audio (par exemple, l'utilisation de la radio par l'équipe, les communications d'autres trains dans le secteur).

Le sous-groupe a jugé que dans 6 enregistrements (50 %), il serait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de la charge de travail d'un membre de l'équipe à partir d'indices visuels. Ce jugement tient compte des facteurs suivants : 1) l'impossibilité d'évaluer la charge de travail à partir d'indices visuels lorsque les caméras, en fonction de leur angle, ne montraient pas les visages des membres de l'équipe; et 2) la difficulté d'observer les yeux des membres de l'équipe, même lorsque l'angle de caméra permettait de les voir, étant donné la mauvaise qualité ou la basse résolution de la vidéo, surtout dans des conditions de faible luminosité.

Le sous-groupe a jugé que dans 11 enregistrements (92 %), il était possible d'évaluer la charge de travail à partir d'indices physiques, comme le niveau d'activité ou la posture. Dans 4 enregistrements (25 %), il a jugé que cela semblait seulement « éventuellement possible »,

compte tenu : 1) de la qualité limitée des images (surtout dans des conditions de faible luminosité); 2) des angles de vue des caméras embarquées qui ne permettaient pas de voir tous les occupants de la cabine; et 3) de la qualité limitée des données audio qui rendait particulièrement difficile la reconnaissance précise du ou des comportements visuels et physiques qu'ils observaient. Dans 1 enregistrement, le sous-groupe n'a pas pu déterminer le niveau de charge de travail à partir d'indices physiques parce qu'il faisait trop sombre.

Le sous-groupe a noté qu'il était plus facile d'évaluer le niveau de charge de travail à partir d'indices visuels et physiques quand il visionnait un fichier en contexte. Par exemple, le fait de connaître les membres de l'équipe qu'ils observaient ou l'emplacement géographique où l'enregistrement avait été réalisé était assurément utile aux examinateurs de fichiers.

C.5 *Conscience situationnelle*

Le sous-groupe a jugé que dans 6 des 12 enregistrements (50 %), il était « possible » de déterminer le niveau de conscience situationnelle des membres de l'équipe à partir d'indices auditifs. Dans 4 des enregistrements, le sous-groupe a jugé que cela semblait seulement « éventuellement possible », parce que la qualité du son était mauvaise et, dans 1 cas, les membres de l'équipe ne parlaient pas. C'est à cause de la qualité limitée des données audio qu'il a jugé impossible, dans plusieurs fichiers, de déterminer le niveau de conscience situationnelle à partir d'indices auditifs.

Le sous-groupe a jugé que dans 6 enregistrements (50 %), il semblait « éventuellement possible » de discerner des éléments/signes de la conscience situationnelle de l'équipe de conduite à partir d'indices visuels. On a noté : 1) qu'il n'était pas toujours possible de voir les yeux des membres de l'équipe à cause de l'angle de vue et de la position des caméras de bord, dont certaines étaient mal alignées et certaines pointaient vers le dos des membres de l'équipe; 2) qu'une meilleure synchronisation des données audio et vidéo aiderait à évaluer la conscience situationnelle; 3) qu'il était impossible d'utiliser des indices visuels lorsque le niveau d'éclairage dans la cabine était trop faible (et que les projecteurs infrarouges ne suffisaient pas à éclairer la cabine adéquatement); et 4) que dans les cas où l'angle de vue de la caméra permettait de voir les yeux des membres de l'équipe, il n'était pas toujours possible de voir (et de déterminer) la direction dans laquelle ils étaient tournés.

C.6 *Distraction/inattention*

Dans 11 enregistrements (92 %), le sous-groupe a convenu qu'il pouvait déterminer quand des membres de l'équipe se livraient à des activités secondaires, liées au travail ou non. Dans 1 enregistrement, le sous-groupe n'a pas pu déterminer les activités qui se déroulaient parce qu'il faisait trop sombre.

Dans 6 enregistrements (50 %), le sous-groupe a estimé qu'il était soit « possible » (3 enregistrements), soit « éventuellement possible » (3 enregistrements) d'évaluer le niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices auditifs, comme le contenu du discours. On a évoqué la piètre qualité des données audio comme principale raison pour laquelle il était difficile de déterminer le niveau de distraction/inattention à partir d'indices auditifs seulement.

Dans 6 enregistrements (50 %), le sous-groupe a déterminé qu'il semblait « éventuellement possible » d'évaluer le niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices visuels, comme la direction du regard et le balayage visuel. Dans 11 enregistrements (92 %), le sous-groupe a estimé qu'il était soit « possible » (9 enregistrements), soit « éventuellement possible » (2 enregistrements) d'évaluer le niveau de distraction ou d'inattention d'une équipe de conduite à partir d'indices physiques, comme l'interaction avec les dispositifs ou l'équipement. Il a évoqué les facteurs suivants : 1) les angles de vue des caméras ne permettaient pas de voir le corps au complet des membres de l'équipe, et donc de savoir à quelles activités ils se livraient (quoique l'utilisation de données audio pour compléter les vidéos aiderait à déterminer le comportement dans les cas où la vue d'un occupant était partiellement ou entièrement bloquée); 2) il était difficile d'apercevoir la position des yeux des membres de l'équipe parce que la caméra installée à l'avant de la locomotive (orientée vers l'arrière) était trop éloignée et la qualité de la vidéo trop granuleuse, en particulier lorsque le niveau d'éclairage était bas; et 3) les angles de vue des caméras permettaient en général aux observateurs d'évaluer ce que faisaient les membres de l'équipe, mais la résolution limitée de la vidéo ne permettait pas de voir les activités de façon suffisamment détaillée pour déterminer de façon concluante ce qui se passait.

Problèmes techniques

La plupart des problèmes techniques de l'enregistreur vidéo et audio du chemin de fer D concernaient la lecture de fichiers enregistrés. Par exemple, durant la lecture de plusieurs fichiers, un ou plusieurs canaux de la caméra figeaient, situation qui exigeait un redémarrage. De plus, dans tous les enregistrements, il y avait régulièrement arrêt et reprise de la lecture des fichiers audio.

Dans beaucoup de fichiers, les voix des membres de l'équipe n'étaient pas toutes audibles sur les pistes audio. On a déterminé la source de ce problème : la lecture des données audio n'était pas synchronisée avec les données vidéo; dans certains cas, le décalage atteignait 11 secondes. La synchronisation automatique des canaux audio et vidéo corrigerait probablement ce problème.

La qualité des données audio était limitée dans plusieurs fichiers; à cause de gargouillements, il était difficile pour le sous-groupe de distinguer les paroles. Par moments, les données vidéo étaient aussi de qualité limitée (résolution trop basse), et il était difficile d'observer et de détecter le comportement de l'équipe de conduite dans tous ses détails.

Annexe H – Étude du Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire sur les enregistreurs vidéo et de la parole à bord des locomotives (2012)

En 2012, on a créé un groupe de travail au sein du Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire (CCSF), qui relève du ministre des Transports, pour examiner une recommandation du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur l'installation d'enregistreurs vidéo et audio dans les cabines de locomotives. Le groupe de travail comprenait des représentants du secteur ferroviaire, des syndicats et de Transports Canada. Le BST n'a pas pris part à ce groupe de travail et n'est pas nécessairement d'accord avec son analyse et ses conclusions. Toutefois, certains éléments de son rapport final paraissent ci-dessous afin d'offrir une image plus complète.

Une des questions que le groupe de travail a examinées est l'analyse des coûts et des avantages liés à ces enregistrements.

Tôt durant ses discussions, le groupe de travail a conclu que le scénario actuel, où seul le BST a accès aux renseignements enregistrés, offrait peu ou pas d'avantages pour la sécurité. Toutefois, on a procédé à une analyse plus détaillée pour mieux évaluer le rapport coûts-avantages probable de divers scénarios.

L'analyse a porté sur des données fournies par le Canadien National (CN) et le Canadien Pacifique (CP) et a examiné 3 scénarios. L'examen était fondé sur des enregistrements aussi bien vidéo qu'audio, car on avait jugé que ce serait la solution la plus utile dans tous les scénarios. Les scénarios retenus prévoyaient que les enregistrements vidéo et audio seraient utilisés, selon le cas :

- uniquement dans les enquêtes du BST, sans que les compagnies de chemin de fer puissent s'en servir pour contrôler la conformité ou appliquer des mesures disciplinaires;
- par les compagnies de chemin de fer, mais seulement à des fins d'analyse après un accident ou incident;
- par les compagnies de chemin de fer, au quotidien, dans le cadre de contrôles aléatoires de sécurité et de conformité.

Coûts

En calculant des coûts d'installation de 10 000 \$ par locomotive, on a estimé qu'il en coûterait environ 22 millions de dollars pour doter le parc entier de 2200 locomotives de grande puissance du CN et du CP. Les frais d'entretien seraient d'environ 250 \$ à 500 \$ par année par locomotive, soit un coût total annuel de 550 000 \$ à 1,1 million de dollars. Il faut préciser que les coûts d'installation ont été calculés pour des systèmes sans protection antichoc particulière. Un fournisseur a estimé que des systèmes avec protection antichoc renforcée coûteraient environ 20 % de plus.

Avantages

Les avantages attendus étaient liés à une réduction des infractions aux règles et, par conséquent, des accidents et incidents où l'inattention de l'équipe de conduite pourrait être un facteur contributif. Un examen de données historiques sur 5 ans (2007 à 2012) a permis de déterminer une moyenne annuelle de 146 événements de cette nature, en combinant les données du CN et du CP. On estime que les coûts de ces événements (dommages et blessures) s'élèvent à environ 6 millions de dollars par année.

L'analyse a également indiqué que le BST avait enquêté sur seulement 7 des événements durant cette période, soit une moyenne de 1,4 événement par année ou 1 % des événements.

Le groupe de travail a évalué l'efficacité potentielle des 3 scénarios pour prévenir ces événements. Il s'est appuyé sur les meilleures estimations possible du nombre de fois où l'inattention de l'équipe de conduite serait un facteur probable, de la probabilité que la situation soit observée/découverte, et de la mesure dans laquelle le scénario permettrait à la compagnie d'utiliser l'information à des fins disciplinaires. Les résultats se présentent comme suit :

- Scénario 1 – Utilisation pour les enquêtes du BST seulement : efficacité de 3 %
- Scénario 2 – Utilisation par les compagnies à des fins d'analyse après un accident/incident : efficacité de 15 %
- Scénario 3 – Utilisation par les compagnies à des fins de contrôles aléatoires de sécurité et de la conformité : efficacité de 33 %

Ensuite, on a estimé les économies qui seraient réalisées en évitant des accidents/blessures et la période de recouvrement des coûts :

- Scénario 1 – Utilisation pour les enquêtes du BST seulement : économies de 180 000 \$ par année, recouvrement sur 122 ans
- Scénario 2 – Utilisation par les compagnies à des fins d'analyse après un accident/incident : économies de 900 000 \$ par année, recouvrement sur 24,4 ans
- Scénario 3 – Utilisation par les compagnies à des fins de contrôles aléatoires de sécurité et de la conformité : économies de 2 millions de dollars par année, recouvrement sur 11 ans

Compte tenu de ces périodes de recouvrement, les représentants des compagnies de chemin de fer ont indiqué que seul le scénario 3 leur permettrait de justifier les coûts d'installation.

Annexe I – Lexique

AAR	Association of American Railroads
ACFC	Association des chemins de fer du Canada
AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
BLE	Bessemer & Lake Erie Railroad Company
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CCSF	Conseil consultatif sur la sécurité ferroviaire
CEL	consignateur d'événements de locomotive
Charte	<i>Charte canadienne des droits et libertés</i>
CIF	format commun intermédiaire
CN	Canadien National
Code	<i>Code canadien du travail</i>
CP	Canadien Pacifique
CRM	gestion des ressources de l'équipe
CVR	enregistreur des conversations de poste de pilotage
DEL	diode électroluminescente
DMIR	Duluth, Missabe and Iron Range Railway
É.-U.	États-Unis
EAVL	enregistreur audio-vidéo de locomotive
EMSA	Agence européenne pour la sécurité maritime
ERA	Agence de l'Union européenne pour les chemins de fer
EUROCAE	Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile
FDR	enregistreur de données de vol
FRA	Federal Railroad Administration
GPS	système mondial de positionnement

HD	haute définition
IF	infrarouge
IFD	affichage des fonctions intégrées
ips	images par seconde
KCS	Kansas City Southern
LDVR	enregistreur vidéo numérique de locomotive
<i>Loi sur le BCEATST</i>	<i>Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports</i>
LPRPDE	<i>Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques</i>
LSF	<i>Loi sur la sécurité ferroviaire</i>
LSI	intégration des systèmes de la locomotive
MCU	unité de contrôle centrale
ML	mécanicien de locomotive
MOPS	normes de performances opérationnelles minimales
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NTSB	National Transportation Safety Board (É.-U.)
NTSC	National Television System Committee
NVR	enregistreur vidéo en réseau
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OMI	Organisation maritime internationale
RDWG	Recording Devices Working Group
RF	radiofréquence
ro-ro / RORO	navires rouliers à passagers
RSAC	Railroad Safety Advisory Committee
RSC	dispositif de veille automatique

SCADA	système d'acquisition et de contrôle des données
SGS	système de gestion de la sécurité
SOLAS	Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
STI	spécification technique d'interopérabilité
S-VDR	enregistreur des données du voyage simplifié
TC	Transports Canada
Teamsters	Conférence ferroviaire Teamsters Canada
TIBS	système de contrôle et de freinage en queue de train
UP	Union Pacific Railroad
USB	bus série universel
VDR	enregistreur des données du voyage
VIA	VIA Rail Canada inc.