

**UNE ÉTUDE DU RÔLE DES FACTEURS HUMAINS DANS
LES ÉVÉNEMENTS FERROVIAIRES ET
DES STRATÉGIES D'ATTÉNUATION ÉVENTUELLES**

T8080 - 07- 0052

**Entreprise à l'appui de
l'Examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire***

par

**Maury Hill and associates, Inc.
Adaptive Safety Concepts TM**



Août 2007

RÉSUMÉ

Le ministre des Transports, de l'Infrastructure et des Collectivités a entrepris un examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* pour améliorer encore davantage la sécurité ferroviaire au Canada et favoriser une culture de sécurité au sein de l'industrie du transport ferroviaire. Un Comité consultatif chargé de l'examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (Comité LSF) a été nommé pour l'aider dans cet examen et lui fournir des constatations et des recommandations visant à améliorer la sécurité ferroviaire. Pour s'acquitter de cette tâche, le Comité consultatif a mené une série d'études indépendantes.

L'objectif de cette étude est de décrire le rôle que les facteurs humains jouent dans les accidents et les incidents qui surviennent dans l'exploitation des chemins de fer, aux passages à niveau, aux piétons et aux intrus, et d'analyser l'efficacité des stratégies d'atténuation qu'utilise actuellement l'industrie du transport ferroviaire. L'objectif a été atteint :

- par un examen des lois, des règlements et des documents connexes;
- par des entrevues avec des membres du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST), de Transports Canada et de l'industrie ferroviaire et des syndicats;
- par l'analyse des données et des rapports sur les événements;
- par l'évaluation des pratiques actuelles de l'industrie et des normes de réglementation qui influent sur les facteurs de causalité qui ont un rapport avec les facteurs humains.

L'étude a révélé un certain nombre de carences dans la collecte et l'échange des données et dans l'atténuation des facteurs de causalité qui se rapportent aux facteurs humains. Plusieurs recommandations globales ont été formulées pour tenter de combler les lacunes dans les secteurs suivants :

- les obligations relatives aux rapports et à l'échange des données;
- les compétences de TC Sécurité ferroviaire relatives aux facteurs humains;
- les facteurs humains et conception des systèmes;
- les règles relatives au temps de travail et de repos;
- la formation sur la gestion des équipes de train;
- le changement de culture;
- la gamme de sécurité;
- la *LSF*.

Table des matières

1. INTRODUCTION	5
Contexte.....	5
Objectif.....	5
Méthode.....	6
Structure du rapport.....	6
2. DÉFIS ET POSSIBILITÉS	7
Contexte.....	7
Données	7
Qu'entend-on par données sur les événements?	8
Quelles données recueille-t-on?	8
Pourquoi recueillir des données sur les événements?	9
Recueille-t-on les bonnes données?	10
Besoin d'une base de données commune.....	11
Renseignement.....	11
Cadres conceptuels du facteur humain.....	11
Concepts de causalité – Note de mise en garde	15
3. LES FACTEURS HUMAINS ET LES ÉVÉNEMENTS FERROVIAIRES.....	16
Une définition.....	16
Facteurs de causalité des accidents d'exploitation : les suspects habituels (sans grande utilité).....	17
Facteurs de causalité des accidents aux passages à niveau	20
4. GESTION DES FACTEURS HUMAINS	25
Introduction	25
<i>Loi sur la sécurité ferroviaire (LSF).....</i>	<i>25</i>
<i>Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF).....</i>	<i>27</i>
Règles relatives au temps de travail et de repos.....	28
Résumé des conséquences de la fatigue sur la performance.....	29
La fatigue et l'exploitation ferroviaire.....	30
Évaluation des règles en vigueur	32
Coefficients des ressources.....	33

Conception du matériel.....	33
Formation.....	36
Gestion des ressources de l'équipe	36
Protection des passages à niveau.....	38
Une méthode de remplacement de la gestion des facteurs humains.....	42
Culture de sécurité	43
La gamme de sécurité	44
5. RECOMMANDATIONS	46
Obligations relatives aux rapports et à l'échange des données.....	46
Compétences de TC Sécurité ferroviaire relatives à des facteurs humains.....	46
Facteurs humains et conception des systèmes.....	46
Règles relatives au temps de travail et de repos.....	46
Formation sur la gestion des ressources de l'équipe.....	46
Changement de culture	47
La gamme de sécurité.....	47
La <i>LSF</i>	47
ANNEXES	48
Annexe A – BIBLIOGRAPHIE.....	49
Annexe B – Données sur les accidents aux passages à niveau.....	51
Annexe C – La gamme de sécurité	53

1. INTRODUCTION

Contexte

Depuis l'entrée en vigueur en janvier 1989 de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, des changements sont survenus dans l'industrie du transport ferroviaire, notamment une hausse du nombre de compagnies de chemin de fer de compétence fédérale. Depuis 2002, il y a eu aussi une augmentation du nombre d'accidents ferroviaires et de déraillements en voie principale au Canada. De simples citoyens et un certain nombre de groupes, parmi lesquels les provinces, les cheminots, les Autochtones et les groupes d'écologistes, ont exprimé un certain nombre de préoccupations à l'égard de la sécurité ferroviaire au Canada. De plus, des fonctionnaires de Transports Canada ont recensé des lacunes dans la *Loi* en ce qui concerne l'administration quotidienne de ses dispositions.

Même si Transports Canada a pris d'importantes mesures visant à améliorer la sécurité ferroviaire au Canada ces dernières années pour remédier à ces problèmes, d'aucuns sont d'avis que le cadre de réglementation actuel ne procure pas l'ensemble complet d'instruments qui permet d'y faire face. D'aucuns pensent par ailleurs que le cadre actuel doit être modernisé et mieux harmonisé avec la législation en matière de sécurité qui régit d'autres modes de transport au Canada.

C'est pourquoi, en décembre 2006, le gouvernement a annoncé l'Examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* pour améliorer encore davantage la sécurité ferroviaire au Canada et favoriser une culture de sécurité dans l'industrie du transport ferroviaire tout en maintenant et en renforçant le rôle essentiel que joue l'industrie au sein de l'économie canadienne. Un Comité consultatif sur la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (Comité LSF) a été nommé par le ministre des Transports, de l'Infrastructure et des Collectivités pour l'aider à réaliser cet Examen et lui faire part de ses constatations et recommandations visant à améliorer la sécurité ferroviaire, notamment par d'éventuelles modifications de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*.

Le Comité consultatif a été chargé de procéder à des études et des analyses indépendantes, à des consultations, et à formuler des constatations et des recommandations. Le Comité a cerné un certain nombre d'enjeux à étudier à l'appui de ses travaux.

Objectif

Les objectifs de cette étude étaient :

- d'offrir une description du rôle que les facteurs humains jouent dans les accidents et les incidents ferroviaires;

- de procéder à un examen de l'efficacité des stratégies d'atténuation actuellement employées par l'industrie du transport ferroviaire;
- de procéder à une brève évaluation des critères législatifs en vigueur qui illustre les conditions minimales de sécurité d'exploitation ferroviaire comme le *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* et les *Règles relatives au temps de travail et de repos*;
- de donner une description du rôle que les facteurs humains peuvent jouer dans les accidents aux passages à niveau ou qui surviennent à des piétons et à des intrus;
- de fournir une description et une évaluation des systèmes actuels de protection des passages à niveau;
- de procéder à une évaluation des prescriptions législatives en vigueur au sujet de la synchronisation des systèmes d'avertissement, des lignes de visibilité, etc. dans l'optique des facteurs humains.

Méthode

Ces objectifs ont été atteints :

- par un examen des lois, des règlements et des documents connexes;
- par des entrevues avec des membres du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST), de Transports Canada ainsi que de l'industrie ferroviaire et des syndicats de cheminots;
- par une analyse des données sur les événements et des rapports d'événements;
- par une évaluation des pratiques actuelles de l'industrie et des normes de réglementation qui influent sur les facteurs de causalité cernés ayant un rapport avec des facteurs humains.

Structure du rapport

Le reste de ce rapport est structuré comme suit :

La section 2 propose une analyse de certains des enjeux rencontrés dans le cadre des recherches, notamment une présentation des cadres conceptuels qui nous permettront de situer les facteurs humains dans le contexte de la cause des accidents.

La section 3 propose une analyse du rôle des facteurs humains dans les événements ferroviaires, et précise les facteurs qui sont préoccupants sur le plan empirique.

La section 4 analyse la façon dont les facteurs humains qui sont à l'origine des événements ferroviaires sont gérés, et elle propose une option d'approche systémique en vue d'améliorer la situation.

La section 5 contient des recommandations.

2. DÉFIS ET POSSIBILITÉS

Contexte

Au cours de la réalisation de cette étude, on a rencontré plusieurs difficultés de taille. Certaines étaient prévues, compte tenu de la nature des travaux; d'autres ont été surprenantes. Certaines de ces difficultés, sous réserve qu'on cherche à y remédier de manière systématique, représentent des occasions à la fois pour les organes de réglementation et les responsables de la sécurité de l'industrie de mieux s'acquitter de leurs responsabilités.

Données

Les données sur les événements revêtent une importance cruciale pour que toute analyse repose sur des données, soit objective et utile sur le plan empirique. Étant donné que le Canada est doté d'un organisme spécifique (le BST) qui est exclusivement chargé de déterminer les causes des accidents, l'existence de données ne devrait pas poser de problème. Par exemple, pour déterminer les facteurs humains qui contribuent le plus fréquemment aux événements ferroviaires, on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'une recherche rapide dans les quelque 30 000 dossiers figurant dans la Base de données sur les événements ferroviaires (BDEF) du BST soit tout ce dont on a besoin. Malheureusement, il semble qu'il y ait une baisse appréciable de la tendance à consigner les données sur les facteurs de causalité dans la base de données sur les événements depuis quelques années, en particulier les facteurs humains. Cela est sans doute attribuable au niveau d'effort qui se rattache à ce type d'activité et à des problèmes de ressources.

Le BST mène une enquête officielle sur moins de 2 % des 1 370 événements ferroviaires¹ qui lui sont signalés chaque année. Cela remet en question la véracité des facteurs de causalité mentionnés au sujet des événements sur lesquels le BST n'enquête pas. Pour ce qui est des événements aux passages à niveau, ou qui surviennent à des piétons et à des intrus, le problème des données est particulièrement marqué, en ce sens que ces événements constituent une infime proportion de ceux sur lesquels enquête le BST (en dépit de quelques exceptions notoires).

Cette étude a eu pour effet de nettement alourdir la charge de travail qui se rattache à l'analyse des données, étant donné que la majeure partie de cette analyse a dû se faire « manuellement ». Mais il ne faut pas non plus écarter l'effet néfaste que cela a eu sur la capacité des agents de changement de la sécurité/responsables de la sécurité à prendre des décisions stratégiques

¹ Moyenne quinquennale; 2001-2005.

reposant sur des données. Compte tenu de l'importance de ces enjeux, les observations suivantes au sujet des données ont été formulées.

Qu'entend-on par données sur les événements?

En règle générale, les données sur les événements sont des données qui ont un rapport avec les incidents et les accidents et qui présentent de l'intérêt. Pour le BST, les données sur les événements sont des données qui ont un rapport avec les incidents et les accidents tels qu'ils sont définis dans la *Loi et le Règlement sur le BST*, de même que les données qui ont trait aux événements qui ne répondent pas aux critères du BST mais qui sont signalés à titre volontaire.

Signalons que la définition restrictive du BST des événements à signaler a un profond impact sur la capacité d'autres organismes à procéder à une analyse de la sécurité. Les définitions restrictives sont généralement établies par simple opportunisme (le coût de collecte de toutes les données est supérieur à ce que le système de signalement peut supporter) ou sont l'expression d'un intérêt professionnel limité. Par exemple, un médecin peut vouloir ne saisir que les données qui ont un rapport avec un type particulier de blessure, ou la police peut uniquement vouloir entendre parler des accidents de la route qui font des blessés ou qui dépassent une valeur seuil. Par sa définition d'événement, le BST cherche à saisir des données qui appuient son objectif qui consiste à répertorier les lacunes de sécurité dans le réseau de transport.

Peu importe la force d'impulsion qui se cache derrière la définition utilisée dans un système de déclaration, les limites propres à cette définition au sujet de l'efficacité du système de déclaration et de la base de données doivent être reconnues et jugées acceptables par rapport aux objectifs du système. Cette notion est un élément important de la reconnaissance du fait qu'un système de déclaration et sa base de données sont un moyen permettant d'atteindre une fin, et pas une fin en soi.

Quelles données recueille-t-on?

Bien qu'il existe diverses options permettant de recueillir des données préliminaires sur les événements, le BST impose généralement aux équipes de train, aux exploitants ou aux représentants de la compagnie impliqués dans l'événement de les lui signaler². Le règlement précise également les données qui doivent être signalées au sujet des événements à signaler. Ces données appartiennent généralement aux catégories de questions débutant par quand, où, quoi et qui. (Ce qui ne veut pas dire que d'importants efforts soient parfois déployés par le BST pour faire le suivi des données manquantes ou confirmer l'exactitude des données déclarées.) Toutes les autres données préliminaires sont recueillies par le personnel du BST. Par exemple, les données qu'il faut recueillir au sujet des événements ferroviaires rempliraient environ 17 champs de

² Voir *Règlement sur le BST*, articles 3.1, 4.1, 5.1 et 6.1.

la Base de données sur les événements ferroviaires (BDEF). Toutefois, selon le type d'événement, il peut y avoir au minimum 40 champs obligatoires à renseigner dans la base de données. La différence entre ce qu'il faut signaler au BST et le nombre minimum de champs à renseigner s'explique par les activités dont on peut estimer qu'elles ont un rapport avec l'enquête. Signalons que, si un événement fait l'objet d'une enquête relative à titre d'événement de classe 2 ou 3, il faut alors renseigner un beaucoup plus grand nombre de champs.

Pour déterminer si les données à recueillir répondent aux besoins, voici ce dont il faut tenir compte :

- « Les données détenues à une ou à des fins quelconques doivent être suffisantes, pertinentes et ne pas être excessives par rapport à cette ou à ces fins »³;
- L'un des principes directeurs d'une approche systémique de la conception d'un système de données (ou d'une partie d'un tel système) est qu'il n'est guère utile de recueillir des données détaillées si les objectifs du système n'ont pas été clairement établis, ou si les ressources nécessaires ne sont pas disponibles à l'appui du système, notamment les ressources nécessaires à la prise des contre-mesures qui en résultent. Les impératifs essentiels doivent graviter autour de la question de savoir s'il y a un problème à résoudre, et, dans l'affirmative, des renseignements qu'il faut recueillir pour le résoudre.

Pourquoi recueillir des données sur les événements?

Il existe plusieurs raisons apparentes pour lesquelles le BST recueille et conserve des données sur les événements :

- pour appuyer les gestionnaires du BST dans leur évaluation du classement des événements;
- pour stocker les données recueillies au cours des enquêtes;
- pour faciliter la détermination des lacunes de sécurité;
- pour fournir des données de sécurité aux principaux agents de changement de la sécurité (p. ex. les industries liées au secteur ferroviaire);
- pour fournir des données sur les événements au public;
- pour répondre aux exigences des accords extérieurs (OMI, OACI, TC).

Pour ce qui est du premier objectif, les données sont nécessaires pour évaluer les événements, à commencer par : « a-t-on besoin d'un plus gros volume de données/vaut-il la peine d'en recueillir un peu plus, ou tout simplement de fermer

³ *Data Protection Act*, Royaume-Uni.

le dossier? », puis « faut-il déployer quelqu'un sur le terrain? », puis « faut-il ouvrir une enquête? », puis « à quel niveau (mineur ou majeur)? »

En ce qui concerne le besoin de stocker les données recueillies au cours des enquêtes, les bases de données ont été conçues (et récemment modifiées) pour faciliter la saisie, l'extraction et l'analyse des données au sujet des événements individuels. Cela se fait en vertu d'une combinaison de champs de données (parfois obligatoires ou obligatoires sous toutes réserves), de listes de sélection et de cases de saisie simple. Certaines parties de la structure d'une base de données, en particulier les modules « lois/conditions », répondent également à une caractéristique recommandée d'une base de données fructueuse, à savoir que les données sur les événements doivent éclairer le processus qui a abouti à l'accident. Signalons que les dossiers d'enquête (qui représentent environ 2 % des dossiers d'événements), essentiellement extérieurs à la BDEF, contribuent également au troisième objectif – celui qui consiste à faciliter la détermination des lacunes de sécurité.

Pour ce qui est du troisième objectif, les données sont nécessaires pour mesurer l'ampleur et les caractéristiques du problème, dégager des tendances et décider entre les options de maîtrise des risques et leur évaluation. Un système de déclaration peut contenir une mine de données qui suffisent à établir de vastes catégories d'accidents et à fournir des renseignements détaillés sur leur cause.

Recueille-t-on les bonnes données?

La question du volume et du type de données qui suffisent à répondre aux objectifs déclarés est ardue. À ce jour, le BST n'a pas analysé le degré de concordance entre les données qu'il y a lieu de signaler selon les prescriptions de son règlement et les données nécessaires à l'atteinte du premier objectif, c'est-à-dire appuyer les gestionnaires du BST dans leur évaluation du classement des événements. Cela veut dire qu'on ne sait pas au juste dans quelle mesure les prescriptions de déclaration du BST appuient les gestionnaires chargés de ces évaluations, et combien de données supplémentaires les gestionnaires ou les enquêteurs ont besoin de recueillir pour atteindre cet objectif. Il est manifeste qu'on n'a nullement cherché à recueillir des données qui aideraient Transports Canada à gérer un système efficace de gestion de la sécurité.

Pour ce qui est de déterminer les lacunes de sécurité, à titre d'exemple, voilà ce que l'on peut noter dans le Concept d'opération de la Division de la macro-analyse du BST : « [...] lors de la conception d'une base de données, il est impossible de prévoir tous les types d'analyses des données qui pourraient s'avérer nécessaires à l'avenir, aussi faut-il prévoir qu'une base de données ne pourra pas toujours appuyer les projets de macro-analyse. C'est ainsi que, pour la plupart des projets de macro-analyse, il faut prévoir qu'il faudra recueillir un certain volume de données. »

En outre, le BST ne dispose pas encore d'un effectif complet qui se livrera à des macro-analyses, pas plus que d'un historique récent des macro-analyses. C'est pourquoi il est difficile d'évaluer la convenance des données, sur le plan de la disponibilité, de la structure, de la qualité, etc., à l'heure actuelle.

Besoin d'une base de données commune

Le BST doit préserver un certain niveau d'« indépendance » et assurer la protection prescrite par la *Loi sur la protection des renseignements personnels* au sujet des renseignements sensibles qu'il recueille. Néanmoins, la grande majorité des champs de la base de données BDEF est partagée avec TC en vertu d'un protocole d'échange de données selon lequel TC a accès aux données « à l'extérieur du pare-feu », ces données étant actualisées chaque nuit. Les principaux protagonistes de l'industrie du transport ferroviaire (ACFC, VIA Rail, CFCP et CN) ont également accès à une bonne part des données du BST grâce à un outil d'interrogation exploitable sur le Web. C'est ainsi qu'il existe *de facto* une base de données commune ou du moins les rouages d'une telle base. Une étape suivante cruciale est un processus consultatif par lequel on élaborera les exigences de la base de données en ce qui concerne la gestion de la sécurité, en plus de celles du principal utilisateur (le BST).

Renseignement⁴

Le volume d'analyse effectué est très limité pour transformer des données sur les événements en renseignements utiles. Il existe néanmoins une pénurie d'observations fondées sur le « bon sens » qui, même si cela peut parfois sembler convaincant, représente une piètre base pour procéder à des analyses. En outre, une bonne part des analyses disponibles ne proviennent pas de sources indépendantes et elles sont affaiblies par de piètres cadres conceptuels de l'erreur humaine et de la causalité des accidents.

Cadres conceptuels du facteur humain

Les chercheurs et les responsables de la sécurité se battent depuis longtemps pour « comprendre » les accidents et le comportement humain qui s'y rattache. L'une des notions les plus omniprésentes est celle de l'analogie de « la pomme pourrie dans le panier » – c'est-à-dire le maillon faible dans une exploitation par ailleurs sans danger. Les rapports qui illustrent ce point de vue regorgent souvent de déclarations qui utilisent cette logique contrefactuelle : « Si le conducteur (du train ou de l'automobile) ou le piéton avait seulement [...], l'accident aurait pu être évité. » En dépit du fait que cette notion est profondément ancrée dans notre société, les limites qu'elle présente pour améliorer la sécurité sont bien établies. En revanche, on a cherché à mieux comprendre de quelle façon le comportement observé aurait pu paraître sensé

⁴ Employé dans le sens de la collecte ou de la diffusion d'informations.

aux yeux de la personne impliquée, compte tenu de sa compréhension des facteurs situationnels se rattachant à l'événement.

Un des modèles mieux acceptés de la causalité des accidents a été proposé par James Reason (1990) afin d'expliquer la façon dont l'être humain contribue à la rupture de systèmes complexes, interactifs et bien protégés comme les réseaux de transport ferroviaire. Dans un tel réseau, il est rare que les accidents soient dus à des ruptures délibérées ou à des agissements dangereux qui sont l'apanage des exploitants de première ligne. Selon Reason, les accidents résultent de l'interaction d'une série de failles, ou de défaillances latentes, déjà présentes dans le réseau. Ce qui suit illustre les divers niveaux et secteurs où des erreurs peuvent se produire et avoir un impact sur le risque d'un événement.

- Décisions de la haute direction – Parmi les défaillances latentes à ce niveau, il y a les décisions prises par la haute direction, par les hauts dirigeants d'une entreprise de transport ou par les responsables de la réglementation. Au moment d'affecter les ressources, la direction doit concilier la sécurité et les coûts, entre autres préoccupations. Ces objectifs peuvent entrer en conflit et se traduire par des décisions viciées qui se refléteront dans l'ensemble du réseau.
- Faiblesses des cadres hiérarchiques – Les décisions viciées de la direction doivent être mises en œuvre par les cadres hiérarchiques par le biais des procédures normalisées d'exploitation, des programmes de formation et d'autres moyens. S'il existe également des faiblesses à ce niveau, elles multiplient les risques d'un accident résultant de ces décisions.
- Conditions préexistantes – Si certaines caractéristiques ou conditions préexistantes, comme un milieu improductif, des effectifs peu motivés et (ou) en mauvaise santé, des engins en piètre état de fonctionnement et des procédures mal établies, sont présentes dans le système, elles influenceront sur les agissements des employés de première ligne et seront à l'origine d'actes dangereux.
- Défaillances latentes – Les décisions viciées prises au niveau de la direction, les faiblesses des cadres hiérarchiques et les conditions préexistantes au niveau des travailleurs symbolisent les défaillances latentes du système.
- Actes dangereux – Les actes dangereux (erreurs commises en présence d'une situation dangereuse) revêtent de multiples formes et, en raison de la nature de l'erreur humaine, ne peuvent jamais être totalement éliminés.
- Moyens de défense – Dans un système complexe et bien protégé, ces défaillances latentes peuvent être dormantes pendant longtemps sans

avoir d'impact profond sur la sécurité car des moyens de défense très efficaces permettent à un grand nombre de ces failles d'être simultanément présentes dans le système sans conséquences graves.

- Conjoncture favorable – On peut dire qu'une trajectoire d'accident est présente lorsque des actes dangereux interagissent avec des défaillances latentes présentes dans le système et brisent tous les moyens de défense du système, ce qui crée une « conjoncture favorable » à un accident. Pour la plupart, ces actes dangereux ont été commis au préalable par les mêmes personnes sans conséquences car la conjoncture de l'époque ne militait pas en faveur d'une interaction de toutes les carences présentes dans le système.

La principale valeur de ce modèle est qu'il constitue un cadre qui permet de comprendre de manière plus réaliste la façon dont tous les êtres humains présents dans un système peuvent contribuer à la rupture de réseaux de transport complexes.

Signalons que, plus récemment, ce cadre a été remis en question sur le plan de sa capacité à modéliser des événements dans une conjoncture éminemment fiable. En revanche, on a expliqué le concept de « dérive vers l'échec » (Dekker, 2004). Ce concept sert à expliquer pourquoi, dans les heures, les jours et les années qui précèdent un accident impliquant des organismes éminemment fiables, il n'y a pas de défaillances ou de carences organisationnelles dignes d'être signalées; les organes de réglementation ainsi que les gens de l'intérieur ne voient pas les gens qui contreviennent aux règles, pas plus qu'ils ne décèlent d'autres failles. C'est ainsi que les accidents, et la dérive qui les précède, sont associés à des gens normaux qui font normalement leur travail dans des entreprises normales – et qu'il n'y a pas de « pommes pourries » qui se livrent à des activités viles. Ce concept reconnaît par ailleurs qu'au cœur du problème, il y a un modèle conflictuel : les organismes qui se livrent à des travaux essentiels à la sécurité s'efforcent en quelque sorte de concilier des objectifs fondamentalement inconciliables – respecter la sécurité et continuer de faire des affaires. En outre, la dérive vers l'échec est perçue comme étant différentielle. Cela signifie que les accidents ne surviennent pas subitement, pas plus qu'ils ne sont précédés par des décisions catastrophiques ou des mesures éminemment bizarres qui s'écartent de la norme.

C'est ainsi que Dekker offre un point de vue différent sur la causalité des accidents, qui est mal servi par les opinions traditionnelles du triangle des accidents.

La taxinomie des compétences-règles-connaissances de Rasmussen constitue un autre modèle utile qui permet de comprendre et d'analyser les facteurs humains qui entrent en jeu dans les événements ferroviaires (Rasmussen, J., 1987). Celui-ci a fait la distinction entre deux types d'erreurs fondamentales : la

planification des échecs (erreurs et adaptations/infractions) et l'exécution des échecs (les bévues et les écarts de conduite). Sa taxinomie porte expressément sur les types d'activité mentale ou de comportement qui se rattachent aux erreurs :

Comportement axé sur les compétences

Les comportements axés sur les compétences sont ceux qui reposent sur les programmes enregistrés ou les programmes moteurs (p. ex. les habitudes) qui n'ont jamais été appris dans la pratique et qui peuvent être exécutés subconsciemment. Les erreurs qui font intervenir un comportement axé sur des compétences se produisent souvent lorsque le conducteur est préoccupé (peut-être par un problème très éloigné de la tâche immédiate), qu'il est fatigué ou qu'une conjoncture favorable, familière ou confortable l'incite à trop relâcher sa vigilance. Les erreurs axées sur les compétences ne sont généralement pas commises par des novices, car ceux-ci doivent généralement réfléchir à pratiquement tout ce qu'ils font. Elles intéressent généralement ceux qui possèdent de l'expérience.

Comportement axé sur des règles

Les comportements axés sur des règles sont ceux où un programme ou une procédure a été consciemment acquise. Ils ne sont pas stockés comme des modes d'activité motrice mais comme des ensembles de règles, et c'est pourquoi ils sont stockés dans notre mémoire à long terme. Ces compétences, lorsqu'elles entrent en jeu, intéressent à la fois le décideur central et la mémoire de travail car elles se déclenchent toujours au niveau du conscient. La mémoire à court terme entre manifestement en jeu car un conducteur doit se conformer à la procédure appropriée pour faire face à la situation en cause.

Les erreurs de comportement axé sur des règles sont généralement commises par un conducteur qui se méprend pour commencer sur un problème et qui engage une mauvaise procédure. Il peut arriver qu'il cerne un problème avec justesse, mais qu'il applique une procédure inexacte (pour un certain nombre de raisons).

Comportement axé sur les connaissances

Les comportements axés sur les connaissances sont ceux pour lesquels aucune procédure n'a été établie. Ils imposent au conducteur d'évaluer des données et d'utiliser ses connaissances et son expérience pour formuler un plan afin de faire face à une situation.

Les erreurs qui se rattachent à un comportement axé sur les connaissances concernent en général des conducteurs qui sont induits en erreur par leurs connaissances et (ou) leur expérience à cause de leurs préjugés (tendance à

appliquer une certaine réponse peu importe la situation) et de leurs connaissances heuristiques (règles pratiques mentales).

Compte tenu du manque d'uniformité des cadres conceptuels, la collecte et l'interprétation des données sont des tâches difficiles. L'une des premières difficultés que l'on éprouve lorsqu'on recueille des données (p. ex. par le biais d'entrevues) consiste tout simplement à déterminer à quel « camp » appartient la personne qui les fournit, de manière à comprendre la meilleure façon d'extraire les données qu'elle possède ou de les interpréter. Néanmoins, ces cadres sont indicatifs du besoin de mieux comprendre le rôle de l'intervention humaine à tous les échelons du réseau de transport, depuis l'organe de réglementation jusqu'à l'opérateur de l'aiguillage.

Rasmussen offre un moyen de comprendre les procédés cognitifs qui sous-tendent les comportements erronés de la part de toute personne qui contribue à un événement – à n'importe quel niveau du système.

Concepts de causalité – Note de mise en garde

Certains scientifiques modernes font valoir que la « cause » n'est pas quelque chose que nous découvrons – avec ou sans l'aide d'un cadre conceptuel (ou du système de classement des erreurs qui en est issu). En revanche, la cause est quelque chose que nous construisons. « La cause » est tout bonnement « ce facteur » qui nous incite à cesser de chercher plus loin – quelle qu'en soit la raison. Peut-être nous arrêtons-nous de chercher plus loin lorsque nos ressources sont épuisées ou que la méthode de classement des erreurs utilisée ne nous offre plus d'autres étiquettes sur les éléments que nous devons rechercher.

Il est généralement reconnu que le classement des erreurs humaines peut aider les gestionnaires et les ingénieurs à comprendre et apparemment à gérer les façons dont les gens contribuent à la fiabilité et à la rupture d'un système (Dekker, 2005). Malheureusement, le classement des erreurs et les cadres des facteurs humains peuvent faire naître l'espoir d'un discernement rapide des raisons de l'erreur et donner à penser qu'il existe une solution rapide. Cette situation se produit lorsque nous n'arrivons pas à discerner la « cause » de « l'illusion de l'explication » (voir Dekker) résultant des systèmes de classement qui semblent valides à première vue alors que la validité de leur construction est éminemment suspecte. Les juristes, les organes de réglementation et l'industrie reconnaissent tous que, malheureusement, il est rare que les choses soient aussi simples que la solution miracle pourrait nous le faire croire. Les réseaux de transport, comme le réseau ferroviaire, qui visent des objectifs multiples et conflictuels dans un univers incertain où les ressources sont limitées, se sont révélés éminemment résistants à ces solutions miracles.

3. LES FACTEURS HUMAINS ET LES ÉVÉNEMENTS FERROVIAIRES

Une définition⁵

On entend par facteurs humains la discipline scientifique qui cherche à comprendre les interactions entre l'homme et les autres éléments d'un système, de même que la profession qui applique la théorie, les principes, les données et d'autres méthodes à la conception pour optimiser le bien-être de l'être humain et la performance globale du système.

Sur le plan des enquêtes sur les événements, les facteurs humains englobent toutes les influences qui façonnent le comportement et qui aboutissent à l'événement, peu importe le moment et le lieu où ces facteurs ont exercé leur influence sur le système.

Les facteurs humains entrent en jeu dans la majorité des accidents et des incidents industriels, puisqu'on estime qu'ils représentent entre 60 % et 90 % des événements. Un examen de la documentation portant sur les enquêtes sur les événements de transport a révélé que les facteurs humains sont les principaux agents responsables de la majorité des accidents et des incidents de transport (voir par exemple Wilde et Stinson, 1980; McCullough et Hill, 1993; O'Hare *et al.*, 1994). Cela est d'autant moins étonnant que tous les paramètres des systèmes technologiques font intervenir l'élément humain dans une certaine mesure aux stades de la conception, de la construction, de l'exploitation, de la gestion, de l'entretien et de la réglementation (Reason, 1995). Il ne faut donc pas s'étonner que les accidents et les incidents, comme les événements de transport, soient rarement le fait d'une seule cause. En fait, ils résultent de la conjugaison de défaillances ou de carences dans les politiques et les procédures organisationnelles, les actions humaines et les matériels (Cox et Tait, 1991). Cette complexité oblige les enquêteurs à tenir compte des causes immédiates et sous-jacentes ainsi que de leurs rapports d'interdépendance. Malheureusement, les enquêtes classiques sur les accidents prennent fin généralement dès lors qu'une cause immédiate est découverte (Reason, 1991).

Tout aussi important que le rôle des facteurs humains dans la cause des accidents, il y a la notion que la catégorie des facteurs humains est souvent un lieu commode où placer les circonstances qui sont à l'origine des événements et que l'on ne peut pas attribuer à une défaillance du matériel, d'une installation, d'un service ou d'un autre élément du système (Fawcett, 1986). C'est ainsi que les facteurs humains sont perçus par certains comme la cause de dernier recours. Cela est visible dans le séquençage des activités dans les méthodes d'enquête classiques, où l'on commence par enquêter sur les questions

⁵ Définition adoptée par l'Association internationale d'ergonomie en août 2000.

« techniques », avant de faire porter l'enquête sur les facteurs humains si l'on n'obtient pas de résultats concluants (ou si l'on a du temps ou d'autres ressources).

Il est très important de savoir que les expressions « facteurs humains » et « erreur humaine » ne sont pas interchangeables pour déterminer la cause d'un accident. Comme nous l'avons vu dans l'analyse de la causalité (ci-dessus), l'erreur humaine ne doit pas être considérée comme la « cause » d'un événement, mais plutôt comme un point de départ d'une enquête sur les facteurs humains qui sous-tendent l'erreur.

En dépit du fait que l'importance des facteurs humains comme principal élément de ces événements est reconnue dans le monde entier par les pouvoirs publics et le secteur privé, beaucoup d'éléments incitent à croire que l'exploitation fructueuse des facteurs humains peut être décrite comme la dernière frontière dans la prévention des accidents.

Facteurs de causalité des accidents d'exploitation : les suspects habituels (sans grande utilité)...

Les facteurs décelés dans les enquêtes sur les événements dépendent beaucoup des étiquettes que l'on attribue aux facteurs qui offrent une certaine explication. Les étiquettes sont issues elles-mêmes du cadre conceptuel utilisé. De ce fait, les étiquettes comprennent parfois et les situations dangereuses et les actes dangereux dans la notion de facteurs humains (cause). Par exemple, on trouvera ci-après une liste caractéristique des facteurs humains liés à la cause⁶ :

- fatigue;
- inattention;
- communications absentes ou vagues;
- mauvais jugement;
- infractions délibérées aux règlements;
- erreurs techniques ou opérationnelles;
- actions reposant sur des hypothèses;
- baisse de vigilance;
- absence de travail en équipe.

On peut douter que les facteurs de causalité mentionnés ci-dessus offrent aux responsables de la sécurité le niveau de précision dont ils ont besoin pour effectuer les changements systémiques qui permettront de remédier aux problèmes sous-jacents.

⁶ Mémoire du CFCP au Comité consultatif sur l'examen de la LSF : Safety Demands Continuous Improvement, 9 avril 2007.

Le BST a enquêté sur 111 événements depuis janvier 2000⁷. En termes d'actions erronées (mais pas forcément le facteur humain de causalité), des actes dangereux⁸ ont été consignés 51 fois dans ces événements. Le tableau 1 énumère les actes dangereux, selon la fréquence, au sujet des accidents et des incidents d'exploitation ferroviaire (c.-à-d. pas les accidents aux passages à niveau). Les actes entre parenthèses illustrent dans quelle mesure l'acte dangereux était manifeste.

Tableau 1 – Actes dangereux consignés dans la BDEF, janvier 2000 à juillet 2007

Acte dangereux	Fréquence
PROTECTION INADÉQUATE (manipulation des aiguillages, mouvement, route)	7
SÉCURISATION INADÉQUATE	2
CONDUITE INADÉQUATE DU MATÉRIEL (freinage, puissance)	7
CHARGEMENT/HISSAGE IMPROPRES	1
MAUVAIS EMPLACEMENT/POSITION POUR LA TÂCHE (formation des convois)	7
COMMUNICATIONS INADÉQUATES/INAPPROPRIÉES (vérification)	3
ENTRETIEN INADÉQUAT/INAPPROPRIÉ DU MATÉRIEL (inspection inadéquate ou inappropriée, entretien courant du matériel en service)	2
CONDUITE À LA MAUVAISE VITESSE	3
CHEVAUCHEMENT DES POUVOIRS (pouvoir annulé sans raison, le train entre dans une zone de restriction sans autorisation, le train brûle un panneau d'arrêt)	3
UTILISATION DE MATÉRIEL DÉFECTUEUX	2
ACTE DE VANDALISME	2

Comme nous l'avons vu plus haut, cette liste ne représente pas une liste des facteurs humains préalables aux événements d'exploitation ferroviaire. Un examen des rapports sur les événements ferroviaires publiés par le BST révèle la mise en cause des facteurs suivants :

- formation;
- mauvais usage de la technologie;
- perception que des adaptations (solutions de rechange) sont nécessaires ou appropriées;
- mauvaise compréhension du fonctionnement du système;
- mauvaises communications dans le système;
- lourde charge de travail;
- faible charge de travail;
- décisions prises par la direction.

⁷ En date du 30 juillet 2007.

⁸ Une erreur ou une mesure d'adaptation prise face à un danger ou à une situation potentiellement dangereuse.

Il faut signaler que le dossier des événements, tel qu'il est tenu par le BST, n'étaye pas de manière utile la notion que les drogues et (ou) l'alcool contribuent aux statistiques sur les événements. Cela ne veut pas dire que les corps de métiers itinérants n'obtiennent pas à l'occasion des résultats positifs aux tests de dépistage de toxicomanie ou d'alcoolisme à la suite d'un accident. Cependant, il est excessivement rare que la consommation de drogues ou d'alcool constitue un facteur de causalité.

Signalons que la question ne consiste pas à savoir si les drogues et l'alcool représentent une situation dangereuse sur le plan de la sécurité des transports. Compte tenu de l'abondance de preuves scientifiques sur leurs effets sur le rendement, cette hypothèse dépasse toute analyse utile. La question est de savoir si les moyens de défense en place – par exemple la formation, les lois, les politiques, les procédures, la surveillance, les normes culturelles – sont suffisants pour empêcher que la situation dangereuse ne devienne une lacune de sécurité (une situation dangereuse contre laquelle les moyens de défense ne suffisent pas). Comme l'atteste le dossier des événements, il semble que cela soit le cas.

D'autres pays ont des antécédents différents. En 1985, la Federal Railroad Administration a adopté un règlement pour résoudre le problème de la consommation d'alcool et de drogues par les employés des chemins de fer. Ce règlement était le résultat direct d'au moins 21 graves accidents ferroviaires attribuables à la consommation d'alcool ou de drogues entre 1972 et 1983. Le règlement prescrit des tests aléatoires de dépistage de la consommation de drogues et d'alcool chez ceux qui occupent des postes essentiels à la sécurité et des tests toxicologiques après un accident.

En revanche, la fatigue est perçue comme un facteur de causalité important. Que la fatigue joue un rôle dans les événements de transport n'a rien d'étonnant, compte tenu du caractère omniprésent de la fatigue dans notre société. De ce fait, le BST est d'avis que la fatigue doit être considérée comme un facteur potentiel intrinsèque de pratiquement tous les événements de transport. Toutefois, contrairement à l'alcool ou aux drogues que l'on peut mesurer par exemple au moyen d'analyses sanguines, il n'existe pas d'épreuves physiques ou chimiques sans équivoque qui permettent d'établir une baisse de vigilance attribuable à la fatigue. C'est pourquoi il est parfois difficile d'établir un lien crucial entre l'état de fatigue et les actes et les décisions dangereux qui ont abouti à l'accident. Certes, la fatigue est mentionnée dans les rapports du BST comme un facteur de causalité [voir Collision du CN, London (Ontario), 16 février 1995; Collision du CFCP, Greely (C.-B.), 1^{er} octobre 1995]. En outre, un constat effectué à l'occasion d'un événement survenu en 2003 a révélé que « les règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation ferroviaire autorisent plus de 18 heures consécutives de veille sans période prévue de repos, ce qui multiplie les risques d'erreurs et d'accidents liés à la fatigue »⁹.

⁹ Signalons que les anciennes règles relatives au temps de travail et de repos étaient en vigueur au moment de l'événement, même si les règles actuelles auraient abouti à la même situation.

Dans un autre cas (R04T0008), le BST a constaté que, « quand il s'agit d'une activité importante pour la sécurité comme celle de CCF, l'absence de règles ou de directives spécifiques concernant la gestion de la fatigue et de la charge de travail fait en sorte que les employés risquent davantage de ne pas avoir la vigilance nécessaire pour contrôler la circulation ferroviaire en toute sécurité ».

Facteurs de causalité des accidents aux passages à niveau

Pour ce qui est des accidents qui surviennent aux passages à niveau au Canada, on a procédé à un examen exhaustif pour le Centre de développement des transports de Transports Canada (Caird *et al.*, 2002). Cet examen a abouti à une taxinomie des facteurs contributifs des accidents qui se produisent aux croisements rail-route afin de tirer des hypothèses et des déductions sur les cas précis et les modes communs des facteurs contributifs des accidents (voir figure 1). Les principales catégories de facteurs contributifs des accidents étaient les actes dangereux, les différences individuelles, la visibilité du train, les panneaux d'avertissement et les marquages passifs, les systèmes d'avertissement actifs et les limites d'ordre physique. Cette taxinomie est unique sur le plan des recherches disponibles en ce sens qu'elle attache de l'importance à de multiples facteurs contributifs des accidents.

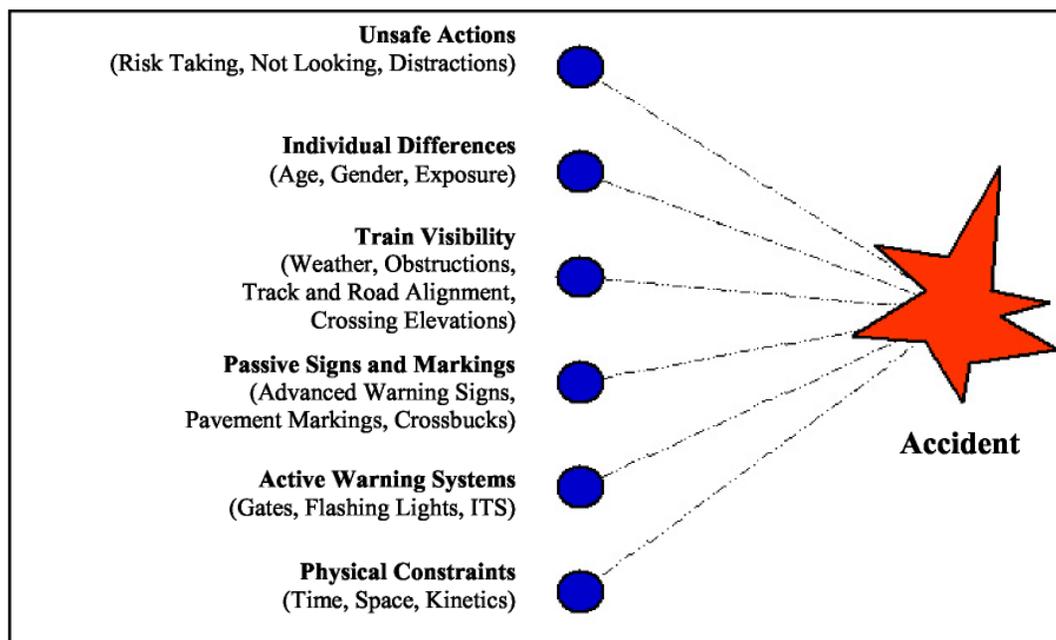


Figure 1 Highway-railway grade crossing accident contributors.

TRADUCTION :

<p>Actes dangereux (prise de risques, inattention, distractions)</p> <p>Différences individuelles (âge, sexe, exposition)</p> <p>Visibilité du train (conditions météorologiques, obstructions, tracé de la voie et de la route, altitude du passage)</p> <p>Panneaux et marquages passifs (signaux avancés, marquages sur la chaussée, croix de St-André)</p> <p>Systèmes avertisseurs actifs (barrières, feux clignotants, STI)</p> <p>Limites d'ordre physique (temps, espace, cinétique)</p>	<p>Accident</p>
--	------------------------

Figure 1 – Facteurs contributifs des accidents survenant aux passages à niveau rail-route

L'étude a révélé les éléments suivants :

- Un certain nombre d'événements ont révélé de multiples facteurs ayant contribué à l'accident (plus d'un acte ou un facteur se rattache à un seul événement), ce qui donne un aperçu plus détaillé de la façon dont le comportement de l'automobiliste interagit avec diverses situations pour provoquer un accident.
- Quatre-vingt-six récits ont révélé un acte délibéré comme facteur ayant contribué à un accident. Comme comportements classés comme délibérés :
 - 35 automobilistes ont contourné les barrières;
 - 16 automobilistes ont cherché à battre le train de vitesse;
 - 10 se sont arrêtés ou ont ralenti, avant d'avancer;
 - 4 ont dépassé des véhicules à l'arrêt ou ralentissant à un passage à niveau (sans barrières);
 - 4 ont contourné des véhicules à l'arrêt et des barrières;
 - 5 accidents étaient dus à la consommation d'alcool;
 - 3 accidents étaient attribuables à la fatigue.
- Pour ce qui est des facteurs humains préalables aux événements survenus à des passages à niveau :
 - 39 rapports du BST révèlent la possibilité d'une distraction de l'automobiliste comme facteur contributif;
 - dans 12 événements, l'automobiliste n'a absolument pas vu le train ni les signaux;

- 10 automobilistes n'ont pas vu le train à temps pour s'arrêter;
- dans 7 événements, on a constaté l'utilisation d'un téléphone cellulaire;
- dans 4 événements, on a constaté une distraction interne (comme les processus cognitifs);
- dans 3 événements, on a constaté une distraction extérieure (phénomènes/objets à l'extérieur du véhicule);
- dans 1 cas, l'automobiliste était en train de régler la radio/le magnétophone dans son véhicule.

Alors qu'une reproduction complète de l'étude de Caird par un jeu de données actualisées débordait le cadre de ce projet, on a procédé à un examen des données de la BDEF entre janvier 1999 et juillet 2007. En général, on constate que bon nombre des mêmes actes et des mêmes problèmes prédominent. Les actes dangereux les plus courants sont :

- le fait de contourner délibérément les barrières (51);
- le fait de franchir les barrières (19);
- un dérapage sur les voies (118);
- le fait de s'arrêter, avant d'avancer (62).

Les facteurs suivants avaient un rapport avec la cause :

- facteurs environnementaux (y compris le brouillard, l'éblouissement du soleil, le vent, la nuit, la pluie, la neige, la glace, le manteau de neige, l'humidité et les interactions entre tous ces phénomènes et l'automobiliste) (48);
- l'alcool (14);
- la fatigue (4);
- l'attention/vigilance (67), y compris l'ennui/monotonie (7), la distraction (58);
- la prise de risques (79);
- le jugement (21);
- l'état psychique/affectif – suicide suspecté (15).

Il faut signaler par ailleurs que le BST a récemment publié une recommandation pour que les documents d'éducation et de formation des automobilistes soient revus et corrigés et actualisés au sujet des risques qui se rattachent au franchissement par un véhicule lourd d'un passage à niveau ferroviaire public sans protection¹⁰. L'autre élément de la recommandation au sujet des accidents aux passages à niveau est la fatigue¹¹ :

¹⁰ Recommandation R04-03 du BST au sujet de l'événement R02W0063.

¹¹ Le BST a fait six constatations dans ses rapports d'enquête ferroviaire au sujet de la fatigue depuis 2000; quatre d'entre elles avaient un rapport avec les accidents survenus à des passages à niveau.

- R00C0159 Il a été impossible de déterminer si la fatigue du conducteur a pu jouer un rôle dans l'accident, mais il reste que les longues heures de travail et l'horaire de travail du conducteur du camion d'exploitation forestière étaient propices à la fatigue, d'où un risque accru de défaillance du conducteur.
- R02W0063 Le conducteur du camion n'avait dormi que 30 minutes au cours des 19 heures préalables. Il est possible que la fatigue ait compromis la capacité du conducteur à franchir le passage en toute sécurité.
- R04C0110 Le manque de sommeil, le point vulnérable du rythme circadien, la durée de conduite et le stress qui résulte de la conduite de nuit dans un brouillard épais se sont tous conjugués pour sérieusement affaiblir la capacité de conduite du conducteur.
- R05E0008 L'état physiologique du conducteur du camion (hyperglycémie, fatigue et déshydratation) était tel qu'il a vraisemblablement affaibli sa capacité à reconnaître et à réagir aux signaux avertisseurs et à l'approche du train.

Sur les quelque 15 événements qui intéressent les piétons chaque année, très peu font l'objet d'une enquête complète du BST. Lorsque c'est le cas, les conclusions font généralement état de problèmes de jugement et de prévision. Dans un accident impliquant un deuxième train et un piéton qui a fait l'objet d'une enquête, les facteurs de causalité recensés étaient l'obstruction visuelle, le masquage auditif et la capacité d'attention des piétons d'âge scolaire, qui ont sérieusement restreint leur vigilance à tel point qu'ils n'ont jamais pris conscience de l'approche du deuxième train. L'acte dangereux le plus courant que l'on trouve dans la BDEF au sujet des piétons et des intrus est tout bonnement : « se sont mis en travers du chemin du train » (65).

Le thème du suicide est souvent évoqué dans le contexte des accidents aux passages à niveau qui impliquent des véhicules ou des piétons et des accidents qui surviennent à des intrus. Il est bien connu que le suicide joue un rôle dans ces événements, même si la contribution relative continue de prêter à controverse. Par exemple, il est arrivé que le constat préliminaire de suicide ait cédé la place, selon la prépondérance des probabilités, à d'autres facteurs de causalité. Par exemple, dans le cas où l'équipe de conduite d'une locomotive déclare qu'elle avait vu l'automobiliste/piéton regarder dans la direction du train qui approchait et apparemment se mettre en travers du chemin du train, il est tentant d'émettre immédiatement l'hypothèse d'un suicide. Dans le cas de certains événements, toutefois, une analyse plus complète de tous les facteurs situationnels révèle que le facteur de causalité a un rapport avec les limites humaines à juger avec précision de la vitesse d'approche et de la distance,

surtout si l'on tient compte de la longueur du train et des vitesses relativement élevées (selon leur expérience). Cela ne cherche pas à nier le rôle du suicide dans les accidents qui surviennent aux passages à niveau et à des intrus, mais plutôt à faire valoir que la contribution relative de facteurs comme les limites visuelles et cognitives sont difficiles à établir, malgré leur caractère dominant.

4. Gestion des facteurs humains

Introduction

La gestion des facteurs humains susceptibles d'être des facteurs de causalité des événements ferroviaires se déroule à de nombreux niveaux du réseau de transport ferroviaire et dans de nombreux pays. Par exemple, pour ce qui est de gérer et, par voie de conséquence, d'atténuer les facteurs de causalité des accidents qui surviennent aux passages à niveau et à des piétons, il est manifeste que la *Loi sur la sécurité ferroviaire* interagit avec les lois de compétence provinciale qui régissent la circulation routière. De même, le système de migration s'appuie sur un réseau complexe d'actions de la part des employés itinérants, des gestionnaires, de la police des chemins de fer, des services de police locaux et des organes de réglementation.

Loi sur la sécurité ferroviaire (LSF)

La *RSA* vise la réalisation des objectifs suivants :

- pourvoir à la sécurité du public et du personnel dans le cadre de l'exploitation des chemins de fer et à la protection des biens et de l'environnement, et en faire la promotion;
- encourager la collaboration et la participation des parties intéressées à l'amélioration de la sécurité ferroviaire;
- reconnaître la responsabilité des compagnies de chemin de fer en ce qui a trait à la sécurité de leurs activités;
- favoriser la mise en place d'outils de réglementation modernes, flexibles et efficaces dans le but d'assurer l'amélioration continue de la sécurité ferroviaire.

À ce titre, les objectifs semblent offrir la portée nécessaire pour gérer et atténuer avec efficacité les facteurs humains qui ont un rapport avec la cause des événements ferroviaires. La *Loi* impose à l'industrie l'obligation de gérer la sécurité. Essentiellement, la *LSF* permet aux compagnies de chemin de fer d'établir et de soumettre des règles à l'approbation du ministre (même si elle ne prescrit pas l'établissement de ces règles). Toutefois, des entrevues avec des gestionnaires de TC, des représentants de l'industrie et des syndicats ont révélé que la façon dont la *LSF* est structurée suscite de vives préoccupations.

Dans l'optique de TC, l'inquiétude semble liée à la mesure dans laquelle le Ministère jouit de « l'influence » voulue qui lui permet de gérer la sécurité, sans oublier la difficulté qu'il y a à mesurer un niveau acceptable de conformité avec l'objet des dispositions de la *Loi*. Par exemple (en ce qui concerne l'atténuation

des facteurs humains liés à la causalité), on a fait valoir qu'en se prévalant des dispositions de l'article 19, qui prescrit que le ministre peut enjoindre à une compagnie de chemin de fer d'établir des règles ou de réviser une règle existante, les délais de réponse peuvent être excessivement longs. C'est ainsi que la gestion efficace de la sécurité est compromise, compte tenu du temps et des efforts qu'il faut pour effectuer les changements prescrits. En outre, l'article 20 – en vertu duquel il incombe à l'industrie d'élaborer des moyens de gérer la sécurité – aboutit apparemment à l'élaboration de règles d'exploitation qui, même si elles sont nécessaires, sont en fait des compromis entre le besoin d'assurer la sécurité et celui de rester en activité, et ont une vocation plus commerciale que scientifique (p. ex. voir l'analyse ci-après sur les *Règles relatives au temps de travail et de repos*). En outre, il permet d'établir la règle dans un langage qui se prête beaucoup plus à des interprétations que si elle avait été rédigée dans le langage d'un expert juridique du Ministère.

On peut poser comme postulat que l'application efficace de la *Loi* suppose que l'organe de réglementation possède toutes les compétences voulues pour assurer le respect de l'objet de la *Loi*. Cela peut englober par exemple les compétences nécessaires pour assurer la gestion efficace des facteurs humains se rapportant à la cause d'un accident. Même si des membres de la Direction générale semblent accepter pour la plupart que les facteurs humains jouent un rôle dans la cause des accidents, ils reconnaissent tout aussi clairement que la Direction générale de la sécurité ferroviaire de TC ne dispose pas des ressources humaines nécessaires pour respecter les prescriptions de la *Loi* à cet égard. Non seulement les effectifs ne comptent pas d'employés techniquement compétents, mais très peu de possibilités s'offrent aux employés existants pour suivre une formation préparatoire dans le domaine. On constate avec ironie que la Direction générale n'a même pas les ressources nécessaires pour traiter les contrats nécessaires au recrutement des ressources techniques lorsqu'elle en a besoin.

Dans l'optique industrielle, la *LSF* est jugée encombrante, et son application est variable, en raison des différences régionales (qui s'expliquent sans doute par la structure régionale de la Direction générale du transport ferroviaire de TC). La *Loi* est en général gérée par des employés de Transports Canada, qui se sentent plus à l'aise dans le rôle d'inspecteur que dans celui de vérificateur.

Dans l'optique des syndicats, la *Loi* semble laisser une marge considérable à la direction pour adapter les procédures d'exploitation à l'évolution des exigences commerciales en appliquant l'article 20 ou en sollicitant des exemptions, mais sans l'obliger à tenir des consultations avec les effectifs. Dans la mesure où les employés sont consultés pour connaître leur point de vue, c'est généralement quand il s'agit de changements mineurs, plutôt que de changements plus significatifs.

À titre d'observation générale, même si l'on peut considérer que la *Loi* contient les mécanismes nécessaires pour gérer avec efficacité et atténuer les facteurs humains qui entrent en cause dans les événements ferroviaires, une perspective parallèle est possible. Ainsi, on peut l'interpréter comme étant ancrée dans une culture fondée sur les règles et comme appuyant une telle culture.

Historiquement, aussi bien les chemins de fer que l'organe de réglementation ont fondé leur philosophie de sécurité sur la pierre angulaire du respect rigoureux des règles. D'autres, notamment le BST¹², sont d'avis que le respect des règles est nécessaire pour la prévention des accidents dans le domaine des transports, mais ils refusent d'admettre que le respect des règles suffit à lui seul à assurer la sécurité dans un réseau complexe de transport. La philosophie de « défense en profondeur » préconisée par les spécialistes de la sécurité pour les systèmes complexes recherche des moyens de défense multiples et diversifiés pour atténuer les risques des erreurs humaines normales. Même si l'industrie du transport ferroviaire et l'organe de réglementation ont beaucoup fait pour reconnaître le besoin de ce moyen de défense en profondeur, la *Loi* dans sa forme actuelle ne prescrit pas expressément une telle approche.

Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada (REF)

La règle intitulée le *REF* est un recueil de règles élaborées par l'Association des chemins de fer du Canada (ACFC) et approuvées par le gouvernement qui « régissent » et orientent les employés dans l'exercice de leurs fonctions. En tant qu'élément fondamental du système de gestion de la sécurité ferroviaire, cette règle semble être largement acceptée par les organes de réglementation, l'industrie et les syndicats. Par exemple, pour les syndicats des corps de métiers itinérants, le *Règlement* est à la fois compréhensible et complet. Comme nous l'avons vu plus haut, leur principale inquiétude a trait à l'absence de consultations lorsque les règles font l'objet d'un examen. À leur avis, ils sont généralement mis au courant des changements après le fait, au lieu d'être consultés lorsque de nouveaux règlements sont élaborés.

En dépit du niveau de satisfaction par rapport au *REF* comme instrument permettant de gérer la sécurité d'exploitation, la documentation scientifique relative aux procédures suscite des préoccupations sur l'efficacité d'une telle approche (suggestion à l'égard du strict respect des règles) en tant que principal moyen de défense contre l'erreur humaine normale et les facteurs humains qui les précèdent (voir Dekker, 2005). Ces préoccupations ont trait au sentiment de confiance (excessive) selon lequel les règles couvrent toutes les situations que l'on est à même de rencontrer et représentent en fait les travaux nécessaires. En outre, l'acceptation de l'hypothèse selon laquelle les procédures représentent infailliblement le meilleur moyen d'exécuter un travail est jugée problématique. La présence d'une règle ou d'une procédure qui a été enfreinte offre également une base commune mais spécieuse permettant de comprendre la causalité – la cause étant qu'une règle a été enfreinte. Par exemple, la première « règle »

¹² Rapport d'enquête du BST – Edson (Alberta), R96C0172.

prévoit que : « La sécurité, liée à la volonté de respecter le règlement, est de première importance dans l'accomplissement du travail. Dans le doute, il faut suivre la voie de la prudence. » Dans les normes conventionnelles d'élaboration de procédures efficaces, cela ne serait pas perçu comme une procédure offrant un potentiel particulièrement élevé d'efficacité.

On peut en déduire que le *REF* ne repose pas toujours sur des recherches sur les facteurs humains, ou sur des options technologiques modernes. Par exemple, on a fait observer que la règle qui traite de l'utilisation du klaxon alors que le train approche d'un passage à niveau repose toujours sur la distance entre le train et le passage à niveau, plutôt que sur la vitesse d'approche du train ou sur la performance de la personne à qui le train cherche à donner un avertissement¹³.

Une réaction courante suscitée par des événements est un appel à un niveau plus élevé de respect des procédures – enjoignant aux travailleurs de faire preuve d'une plus grande diligence dans l'application des règles – et ensuite d'élaborer d'autres règles pour éclaircir davantage les premières. Pour ce qui est de la gestion des risques qui se rattachent aux facteurs humains, une approche plus progressiste consisterait à tenter de comprendre la raison pour laquelle les règles n'ont pas été respectées pour commencer. Une telle compréhension justifiera beaucoup plus des mesures d'atténuation efficaces qu'autrement.

Comme nous l'avons vu plus haut, il est un fait que les organes de réglementation et l'industrie ont fait, dans certains cas, des bonds en avant pour concevoir des instruments plus solides permettant de gérer les facteurs humains et les erreurs humaines qui en résultent. Toutefois, il y a suffisamment d'indices de la persistance d'une culture fondée sur les règles ferroviaires traditionnelles pour craindre que cette culture n'entrave l'élaboration et le maintien continu d'un réseau de transport ferroviaire sécuritaire.

Règles relatives au temps de travail et de repos

Les *Règles relatives au temps de travail et de repos du personnel d'exploitation ferroviaire* (2005) sont un exemple de règles établies aux termes du paragraphe 20(1) de la *LSF*. Elles ont été élaborées de concert par les dirigeants de l'industrie et les syndicats. L'objectif déclaré des règles (en partie) est de répondre aux besoins du personnel d'exploitation et aux besoins d'exploitation des compagnies de chemin de fer pour qu'ils disposent d'une approche souple de gestion de la fatigue. Ces règles partent du principe qu'« il incombe aux membres du personnel d'exploitation de se présenter au travail reposés et aptes au service ».

Selon certains représentants de l'industrie, les *Règles relatives au temps de travail et de repos* sont gérables, surtout après une période de « rodage » qui

¹³ Règle 14(1)(ii) – À au moins un quart de mille de tous les passages à niveau publics.

permettra de parvenir à un consensus avec l'organe de réglementation sur les questions d'interprétation. Selon l'exploitant d'un chemin de fer d'intérêt local, ces règles sont efficaces, mais, dans le contexte des chemins de fer d'intérêt local, la majeure partie du travail se fait selon un horaire prévisible. Selon un représentant syndical, les *Règles relatives au temps de travail et de repos* répondent aux besoins de l'industrie, même si des conventions collectives sont parfois plus restrictives.

Résumé des conséquences de la fatigue sur la performance

Un certain nombre de constatations clés ayant trait à la fatigue et au repos dans le milieu professionnel où l'exploitation est ininterrompue ont été résumées par Rosekind (1995, 1996) et Dinges (1991, 1995)¹⁴.

- La privation de sommeil aboutit à des déficits de rendement cognitif.
- La perturbation du rythme circadien se solde par une baisse de rendement.
- Les êtres humains arrivent mal à estimer leur niveau actuel de vigilance.
- La perturbation répétée des cycles du sommeil peut entraîner une baisse du rendement.
- L'inertie du sommeil peut se solder par une baisse du rendement.
- L'impossibilité de dormir régulièrement peut perturber le rythme circadien.
- On a constaté que de courtes siestes rétablissent le potentiel de rendement d'un individu dans certaines conditions.
- Les heures de repos en soi ne garantissent pas que les effectifs sont reposés. L'instruction, la planification et la prévisibilité sont nécessaires pour maximiser l'utilisation des horaires de travail et de repos.
- Lorsqu'il y a une privation de sommeil répétée, il se produit avec le temps une privation de sommeil cumulée.
- Lorsqu'il y a une privation de sommeil accrue et une somnolence accrue, une personne est plus vulnérable à des problèmes de rendement.
- La qualité du sommeil est un facteur important. Un sommeil de piètre qualité peut laisser une personne fatiguée et non rétablie.
- Il peut y avoir un écart entre la façon dont les gens se sentent et leur état physiologique de somnolence.
- Les preuves scientifiques incitent à penser que le fait d'avoir un horaire modifié, comme le fait de travailler la nuit, n'entraîne pas une altération du rythme circadien interne (on ne s'adapte pas parfaitement au travail par quarts).
- Les travailleurs par quarts qui fluctuent entre deux quarts éprouvent plus de difficultés entre leur rythme circadien et leur durée de sommeil.

¹⁴ Voir également le Guide d'enquête sur la fatigue du BST.

En outre, la fatigue entraîne toute une diversité de diminutions du rendement :

- variabilité du rendement;
- ralentissement des délais de réaction physique et psychique;
- augmentation du nombre d'erreurs professionnelles;
- tendance accrue à des comportements répétés persistants;
- augmentation des fausses réactions;
- augmentation des erreurs de mémoire;
- atténuation de la vigilance;
- réduction de la motivation et laxisme.

L'ampleur des effets de la fatigue varie selon l'individu. Alors que les recherches sur la fatigue offrent toute une diversité de mesures qui illustrent l'ampleur des baisses de rendement, **l'une des comparaisons les plus intéressantes – ou alarmantes – est proposée par le D^r Drew Dawson, qui a démontré que les effets sur le rendement de 18 heures de travail équivalent aux effets d'un taux d'alcoolémie de 0,05 % ou même supérieur.**

Signalons que la fatigue n'est pas uniquement un problème de sécurité. La gestion efficace de la fatigue peut aussi avoir des répercussions commerciales directes. Une étude a surveillé 55 mécaniciens assujettis à deux horaires de travail différents pour des chemins de fer. Les mécaniciens ont conduit des trains dans un simulateur pendant un quart de 10 heures. Le groupe « rapide » jouissait en moyenne d'au moins 9,3 heures de repos, alors que le groupe « lent » jouissait de 12 heures de repos. Les résultats ont révélé que le groupe « rapide » dormait en moyenne 4,6 heures par nuit, contre 6,1 heures pour le groupe « lent ». Les résultats montrent que le groupe « rapide » a manqué environ un tiers de plus de sifflements aux passages à niveau que le groupe « lent » – ce qui est un problème de sécurité. En outre, le groupe « rapide » a consommé environ 200 livres de carburant en plus par tronçon de voyage que le groupe « lent », ce qui est un problème économique (Thomas, Raslear et Kuehn, 1997).

La fatigue et l'exploitation ferroviaire

Une opinion souvent exprimée est que le secteur ferroviaire est unique dans l'univers des transports, en raison notamment de l'incapacité à connaître à l'avance les affectations de travail. Un rapport du ministère des Transports/FRA des États-Unis datant de 1991 (Pollard, 1991) a répertorié les causes de la fatigue dans le milieu d'exploitation ferroviaire. Ces causes sont :

- l'incertitude quant au moment de la prochaine affectation;
- le nombre excessif d'heures de travail;
- les longs trajets et délais d'attente avant de commencer le travail;
- les conditions insatisfaisantes de couchage dans certains terminus;

- la décision de ne pas se reposer durant la journée même lorsqu'on peut être appelé au travail le soir suivant.

Ce problème est aggravé par le fait que la plupart des horaires ou des règlements industriels classiques sur le temps de travail et de repos ne respectent pas les principes scientifiques qui se rapportent à la fatigue et à sa gestion. Les règles industrielles caractéristiques relatives au temps de travail et de repos reposent sur les principes généralement reconnus suivants, mais qui ne sont pas valables sur le plan scientifique :

- toutes les heures de la journée sont égales et interchangeable;
- la fatigue est fonction du nombre d'heures consécutives travaillées;
- le rétablissement d'un état de fatigue a un rapport avec les heures que l'on vient de travailler;
- le temps qui n'est pas consacré au travail doit être considéré comme du temps de repos pour les besoins de la planification.

On a généralement tendance à s'en remettre à la capacité du conducteur à juger de son propre niveau de fatigue, alors que les recherches affirment clairement que les gens sont de très mauvais juges de leur état de fatigue. Cela signifie que les sujets (en particulier ceux qui souffrent d'une privation de sommeil) ne peuvent estimer en toute confiance leur état de vigilance et de rendement (M. Rosekind *et al.*, 1994).

Un récent groupe d'experts a conclu qu'il faut tenir compte de cinq facteurs critiques, qui reposent sur des recherches locales et internationales, dans toute approche réglementaire de la fatigue :

- les occasions minimums de sommeil;
- la nature cumulée de la fatigue et de la privation de sommeil;
- le travail de nuit;
- la durée du travail;
- les courtes pauses pendant la durée de travail.

Le groupe a formulé une série de recommandations qui doivent être étayées par d'autres mécanismes afin de promouvoir la gestion de la fatigue, notamment l'éducation, la formation, les traitements en route, l'utilisation de stimulants technologiques et financiers et les sanctions. Parmi ces recommandations, mentionnons :

- 6 heures au minimum de sommeil ininterrompu en une seule période de 24 heures;
- le minimum de 6 heures est suffisant pour une seule journée, mais pas à titre permanent;
- deux nuits de sommeil sans restriction régulièrement (de préférence chaque semaine);

- les trajets uniques sur 12 heures ne doivent pas se prolonger durant la période qui s'écoule entre minuit et 6 h du matin;
- il ne faut pas travailler plus de 70 heures au cours d'une période de 7 jours;
- il faut des pauses d'au moins 15 minutes après 5 heures de conduite (les courtes pauses devant totaliser 10 % du temps de travail).

Évaluation des règles en vigueur

Une lecture rapide des règles en vigueur relatives au temps de travail et de repos permet de constater qu'il y a des lacunes entre leurs dispositions et les principes que l'on trouve dans la documentation scientifique actuelle. Par exemple, les règles relatives au temps de travail et de repos ne prévoient pas des temps de travail maximums différentiels selon le moment où les heures sont effectuées. Signalons que les règlements qui s'appliquent aux équipages de conduite des avions au Canada prescrivent une période de travail maximum plus courte si le travail est effectué de nuit. En outre, dans leur forme actuelle, les *Règles relatives au temps de travail et de repos* permettent un temps de travail maximum global de 18 heures. Enfin, les exigences concernant le repos sont exprimées en « temps de repos » plutôt qu'en « sommeil minimum ininterrompu » ou quelque chose qui reprenne ce principe.

Les *Règles* prescrivent l'adoption par les compagnies de chemin de fer de « programmes de gestion de la fatigue ». Même si les directives fournies visent les éléments prescrits d'un système efficace de gestion de la fatigue, des préoccupations ont été soulevées à propos du fait que les consultations obligatoires des effectifs n'ont pas lieu et qu'il suffit que les plans soient « déposés » auprès de l'organe de réglementation, ce qui prive de fait l'organe de réglementation de son rôle de surveillant.

Au mieux, les règles relatives au temps de travail et de repos en vigueur peuvent être perçues comme un compromis entre le besoin de conduire dans un contexte commercial éminemment concurrentiel (qui englobe les préférences des effectifs à l'égard de leurs régimes de rémunération) et les directives issues des recherches scientifiques. Signalons que la science contient rarement des exigences particulières. Par exemple, la science prescrit un taux maximum d'alcoolémie de 0,08 %, alors que la documentation scientifique contient des données qui pourraient étayer *n'importe quel* maximum. Les maximums retenus sont généralement une décision politique qui repose sur l'évaluation des risques. Même dans ce cas, on peut déduire que de nombreux experts en fatigue estimerait qu'il manque quelque chose aux règles en vigueur relatives au temps de travail et de repos et qu'il est peu probable qu'elles permettent de bien gérer les risques se rattachant à la fatigue dans la mesure souhaitable dans le cadre de l'exploitation ferroviaire.

Coefficients des ressources

Les moyens de défense classiques contre les problèmes de facteurs humains ayant trait aux corps de métiers itinérants sont généralement la sélection, la formation et la conception du matériel.

Conception du matériel

Pour ce qui est de la conception du matériel, on a toutes les raisons de penser que les normes de conception des postes de conduite des locomotives n'ont pas tenu le même rythme que les normes classiques d'ingénierie des facteurs humains. Ces normes reconnaissent explicitement que l'erreur humaine est un phénomène normal et prescrivent qu'un système doit être conçu « en fonction de l'erreur ». Cela signifie que les principes de conception doivent reposer sur la compréhension des causes et sur le besoin de les minimiser, et doivent englober :

- les erreurs doivent être visibles;
- les erreurs doivent être réversibles;
- il faut modifier les attitudes à l'égard des erreurs.

Il n'est pas difficile de trouver des exemples d'événements où la conception s'est révélée la cause d'événements ferroviaires. Parmi les problèmes recensés, il faut mentionner le placement et l'agencement des équipements de communication dans le poste de conduite et la conception des écrans des systèmes de conduite. Par exemple, le Rapport d'enquête ferroviaire R03W0169 du BST, qui portait sur le déraillement d'un train de marchandises en octobre 2003 à Carlstadt (Ontario), a établi ce qui suit :

« La radio de la locomotive a été syntonisée par inadvertance sur le mauvais canal à la suite d'une erreur de touches commise par le mécanicien. L'emplacement de la radio à l'intérieur de la locomotive a vraisemblablement contribué à la sélection du mauvais canal. Le fait d'avoir à faire des mouvements d'une amplitude anormale pour changer de canal a pour effet d'accroître la probabilité d'erreur dans l'utilisation de la radio. »

Dans ce cas, la modification du poste de conduite s'est soldée par l'emplacement de la radio au-dessus du pare-brise du poste de conduite à la gauche du fauteuil du mécanicien de la locomotive. Cet emplacement est devenu la norme en vigueur pour ce type de locomotive, qui représente une part considérable du parc de la compagnie. Le clavier de la radio fonctionne de la même manière que le clavier à touches d'un téléphone. Durant l'enquête, plusieurs cheminots ont déclaré qu'en raison du nombre de changements de touches nécessaires, il n'est pas rare de sélectionner à l'occasion le mauvais canal lorsque l'on fait fonctionner ce type de radio.

Pour faire fonctionner la radio, une personne assise de taille moyenne doit s'étirer au-delà de l'amplitude normale des mouvements, soit environ 6 pouces avec sa main gauche ou 12 pouces avec sa main droite.

Le BST a conclu que le fait de devoir dépasser l'amplitude normale des mouvements pour avoir accès aux touches de la radio augmente les risques d'une erreur lorsqu'on syntonise le canal radio.

Un autre exemple est attesté par l'emplacement de l'interrupteur du système TIBS où l'on a décelé à nouveau des problèmes de conception au cours de l'enquête¹⁵.

Il existe des documents d'orientation qui, si on les respecte, contribuent à atténuer les carences de sécurité liées à la conception. Par exemple, pour compléter la pléthore de guides existants sur les facteurs humains, la FRA a préparé une publication¹⁶ qui s'applique expressément aux locomotives. Pour ce qui est des commandes, la FRA conseille :

- de placer les commandes de mouvement directement devant le mécanicien avec le module de freinage à gauche;
- de placer les commandes manuelles de la radio du côté gauche pour permettre à un mécanicien de faire fonctionner les commandes de mouvement de la locomotive de sa main droite et d'utiliser la radio de sa main gauche;
- les commandes des sableuses, du sifflet, du klaxon, des phares, de la radio et du microphone doivent être situées à portée de main et de préférence dans la zone de confort si possible;
- les commandes doivent être agencées de manière à réduire au minimum le besoin pour le mécanicien de changer de position uniquement pour actionner une commande. Il faut placer toutes les commandes de telle sorte que, pour les manipuler, le conducteur n'ait pas à changer outre mesure de position de référence visuelle, ce qui pourrait lui faire manquer d'importants événements qui se produisent à l'extérieur ou sur l'écran interne principal (Woodson, 1992);
- les commandes doivent être disposées dans l'ordre où elles sont censées être utilisées. Le retraçage de la séquence d'utilisation des commandes contribuera à déceler les mauvais agencements;
- les commandes doivent cadrer avec les mouvements normaux des membres. Cela signifie que, lorsqu'il faut bouger les bras, il faut les déplacer vers l'avant et vers l'arrière et non pas latéralement;

¹⁵ Rapport d'enquête ferroviaire du BST R01M0061, Accident à un passage à niveau et déraillement, Drummond (Nouveau-Brunswick), 6 octobre 2001.

¹⁶ Human Factors Guidelines for Locomotive Cabs FRA DOT/FRA/ORD-98/03, novembre 1998.

- les commandes qui remplissent une fonction ou un but analogue doivent être regroupées ensemble.

Cette publication prodigue les conseils suivants en ce qui concerne la gestion des erreurs :

- Dans la gestion des erreurs, le premier objectif est d'empêcher qu'elles ne se produisent. Le système doit être conçu de manière à empêcher le mécanicien de commettre des erreurs dans la mesure du possible. Par exemple, dans les locomotives à moteurs de traction monophasés, le fait de placer la manette en position de recul alors que la locomotive est en marche avant risque d'endommager les moteurs. Le système peut empêcher que cela se produise en ne permettant pas au mécanicien d'exécuter cette commande en pareille situation.
- Lorsque le mécanicien doit se livrer à des activités qui sont difficiles ou impossibles à défaire (comme de détruire des données), le système doit avertir le mécanicien et exiger sa confirmation avant qu'il n'exécute la commande (Smith et Mosier, 1986).
- Il faut permettre à l'utilisateur de se remettre des erreurs rapidement et facilement (Norman, 1991) lorsqu'elles surviennent. Un système réceptif doit indiquer la nature du problème et préciser comment y remédier.
- Il faut prévoir une fonction d'annulation de commande pour annuler des commandes ou remédier à une erreur. Il faut permettre au mécanicien d'annuler une chronologie de commandes pour modifier des sélections faites au préalable.
- Lorsqu'il faut sélectionner à nouveau une commande pour remédier à une erreur, il faut inviter l'utilisateur à sélectionner la partie de la commande qui doit être rectifiée. Il ne faut pas exiger que toute la commande soit sélectionnée de nouveau.

Par ailleurs, d'aucuns réclament une approche axée sur les facteurs humains pour la conception des systèmes ferroviaires¹⁷. Les « systèmes axés sur les facteurs humains » se concentrent sur les capacités et les limites de l'être humain au sujet des interfaces homme-machine, des opérations et de l'intégration des systèmes. L'objectif est de concevoir des systèmes de transport qui facilitent l'accomplissement des tâches, pour que les gens puissent se concentrer sur l'accomplissement des tâches et ne pas être distraits par la technologie. Cela englobe la mise au point d'une génération de machines qui s'adaptent aux humains qui les font fonctionner, au lieu d'exiger que l'être humain s'adapte à la machine. En intégrant les principes des performances et des comportements humains dans la conception, la mise au point et le

¹⁷ Voir Human-Centered Systems, The Next challenge in Transportation, Department of Transportation des États-Unis.

fonctionnement des systèmes de transport, il devrait être possible d'améliorer la sécurité tout en améliorant les performances des systèmes, moyennant des augmentations de capacité, d'efficacité opérationnelle et de productivité.

On a également cité la conception des procédés et des procédures. Les inquiétudes suscitées par la capacité des équipes de conduite à conduire avec efficacité et en toute sécurité des trains lourds en cas de freinage d'urgence ont incité le BST à recommander que « Transports Canada encourage les compagnies de chemin de fer à mettre en œuvre des technologies ou des méthodes de contrôle des trains pour assurer que les forces générées lors d'un freinage d'urgence permettent l'exploitation du train en toute sécurité »¹⁸.

Formation

Au cours de cette étude, la formation a également suscité des préoccupations. On a entendu formuler des critiques à l'égard des nouveaux régimes de formation qui offrent moins d'occasions de mentorat et une moindre exposition aux milieux d'exploitation qu'auparavant. En outre, on déplore que les mécaniciens de locomotive qui acquièrent leurs qualifications dans le milieu des tous petits chemins de fer d'intérêt local ou des gares de triage soient engagés directement par les principaux transporteurs pour exercer des fonctions d'exploitation beaucoup plus complexes¹⁹.

Gestion des ressources de l'équipe

La gestion des ressources de l'équipe (GRE) a été conçue comme méthode visant à transformer la culture de travail dans le poste de pilotage des avions de ligne après une série d'accidents d'aviation catastrophiques. Dans le contexte de l'aviation, la GRE désigne l'utilisation efficace de toutes les ressources disponibles pour assurer le bon déroulement des opérations de vol. Ce concept a fait l'objet de nombreuses recherches depuis son invention, et a généralement évolué pour aboutir à l'entraînement type vol de ligne (LOFT). Signalons que son efficacité pour réduire les erreurs de l'équipage ne fait pas l'unanimité parmi les professionnels des facteurs humains. Il est néanmoins cité dans un rapport d'enquête ferroviaire du BST : « Le fait que le mécanicien et le chef de train aient inversé leurs rôles sans avoir au préalable établi les modalités voulues de gestion des ressources de l'équipe a créé un environnement de travail qui a fait en sorte qu'on laisse l'aiguillage en position renversée. »²⁰

La formation sur la GRE traite de la gestion de l'attention, des tâches opérationnelles, du stress, des attitudes et des risques. Le fait d'optimiser la gestion de tous ces éléments a un effet direct sur quatre facteurs essentiels à l'aboutissement d'un mouvement ferroviaire, à savoir la perception de la

¹⁸ Recommandation R04-01 du BST.

¹⁹ La validation de ces préoccupations déborde la portée de cette étude.

²⁰ Rapport R96W0171 du BST.

situation, la métacognition, les modèles mentaux partagés et la gestion des ressources.

- La perception de la situation consiste à reconnaître et à définir la nature du problème éprouvé et, à ce titre, c'est la première étape et l'étape la plus critique de la prise de décisions fructueuses et sans danger. Il est nécessaire de bien percevoir la situation pour reconnaître qu'une décision ou une mesure doivent être prises.
- La métacognition désigne « la réflexion sur la réflexion » et elle fait allusion au processus qui consiste à réfléchir à ses propres réflexions et à les réguler. Elle suppose que l'on définisse le problème et que l'on décide des décisions à prendre, des renseignements et des ressources nécessaires et de ceux qui sont disponibles.
- Les modèles mentaux partagés permettent à d'autres de participer à la résolution du problème ou d'offrir des renseignements utiles à l'aboutissement du mouvement en toute sécurité. Généralement, une équipe qui partage le même modèle mental a plus de chances d'œuvrer pour atteindre les mêmes objectifs. Le partage de modèles mentaux avec des ressources en dehors de la cabine de conduite d'une locomotive, grâce à des communications fructueuses, comme le CCC et les wagonniers, a pour effet d'optimiser l'efficacité d'une mission.
- En soi, la gestion des ressources comporte un processus actif de prise de décisions. Elle oblige à comprendre ce qu'il faut faire et dans quel ordre de priorité et quelles ressources sont nécessaires et disponibles. La saine gestion des ressources, qui fait appel à toutes les ressources disponibles, a pour effet de réduire les pressions qui s'exercent sur le mécanicien de locomotive, en particulier au moment où la charge de travail est lourde ou les décisions à prendre sont complexes.

Il est admis par beaucoup qu'il y a de multiples facteurs déterminants de l'efficacité d'une mission et de la sécurité de l'exploitation ferroviaire, comme des facteurs individuels, organisationnels et réglementaires. Les notions inhérentes à la GRE fournissent des directives pratiques sur la façon d'optimiser ces facteurs. Le choix d'employés plus enclins aux activités d'équipe représente une stratégie à long terme, mais efficace. La direction doit établir la culture et les normes qui favorisent une approche d'équipe, notamment des modèles de rôle qui exercent et renforcent une telle approche. Enfin, les organes de réglementation peuvent apporter leur appui en encourageant au moins une approche d'équipe à l'égard de l'efficacité de la mission, à défaut de soutenir activement la formation sur la GRE.

Il faut s'attendre à ce qu'une telle notion aboutisse aux motifs invoqués à l'appui de l'affirmation selon laquelle la GRE ne s'applique pas à l'exploitation ferroviaire :

- Nous la pratiquons déjà, nous l'appelons différemment, par exemple des séances d'orientation professionnelle.
- La formation sur la GRE sape l'autorité.
- La GRE désigne essentiellement le bon sens, et il n'y a pas de formation en la matière.
- La GRE est sans doute valable pour les pilotes d'avion, mais notre situation est différente.
- Nous n'avons ni le temps ni l'argent pour la GRE.

Ces préoccupations doivent être situées dans le contexte d'une approche systémique de la sécurité ferroviaire pour prendre conscience du fait que la formation sur la GRE est susceptible d'avoir un impact favorable sur la sécurité ferroviaire. À titre minimum, la formation doit se solder par l'adoption d'une attitude dans toute la structure organisationnelle selon laquelle une seule équipe, travaillant dans un milieu complexe et carencé sur le plan de la conception, risque de devenir rapidement et couramment saturée par les tâches à accomplir. Ce n'est qu'en comprenant qu'il peut arriver qu'il y ait d'autres protagonistes participant à la tâche en dehors du seul mécanicien de locomotive que l'on pourra éviter des événements comme ceux qui sont mentionnés plus haut. En outre, si l'on se concentre sur le rôle des facteurs humains dans les événements ferroviaires, il faut songer à inclure des paramètres des facteurs humains comme les mécanismes de l'erreur humaine et l'évitement des pièges à erreur dans la formation dispensée à tous les échelons de l'exploitation et de la gestion d'un chemin de fer.

Protection des passages à niveau

Il va sans dire que le meilleur moyen de prévenir les accidents aux passages à niveau qui impliquent des véhicules, des piétons ou des intrus consiste à aménager des sauts-de-mouton afin de séparer les deux protagonistes du réseau de transport. Compte tenu du grand nombre de passages à niveau et du caractère éparpillé de la population qui vit aux alentours de la majorité d'entre eux, il s'agit manifestement d'une solution impossible sur le plan économique dans la totalité des cas. Il existe un certain nombre d'options possibles sur le continuum entre la séparation totale des niveaux et l'absence totale de protection, chacune étant assortie d'un niveau d'efficacité et de dépenses variable. L'étude de Caird de 2002²¹ comportait une évaluation des contre-mesures permettant de réduire la fréquence et la gravité des accidents aux passages à niveau rail-route. Le tableau 1 du rapport Caird illustre l'efficacité et le coût d'un éventail de contre-mesures.

²¹ TP 13938F, Une analyse des facteurs humains dans les accidents aux passages à niveau au Canada, Cognitive Ergonomics Research Laboratory, 2002.

Tableau 1 – Type, efficacité, coût et sources des contre-mesures

Contre-mesure	Efficacité	Coût	Source(s)
Panneaux d'arrêt à des passages à niveau non automatisés	Inconnue	1 200 \$ à 2 000 \$	NTSB (1998a)
Éclairage du passage à niveau	Diminution de 52 % des accidents de nuit par rapport aux passages à niveau sans éclairage	Inconnu	Walker et Roberts (1975)
Feux clignotants	Diminution de 64 % des accidents par rapport aux croix d'avertissement seules Diminution de 84 % des blessures par rapport aux croix d'avertissement Diminution de 83 % des décès par rapport aux croix d'avertissement	20 000 \$ à 30 000 \$ en 1988	Schulte (1975) Morrissey (1980)
Feux et barrières (2) + feux clignotants	Diminution de 88 % des accidents par rapport aux croix d'avertissement seules Diminution de 93 % des blessures par rapport aux croix d'avertissement Diminution de 100 % des décès par rapport aux croix d'avertissement Diminution de 44 % des accidents par rapport aux feux clignotants seuls	150 000 \$	NTSB (1998a) Schulte (1975) Morrissey (1980) Hauer et Persaud (1986)
Barrières centrales	Diminution de 80 % des infractions par rapport au système à deux barrières	10 000 \$	Carroll et Haines (2002a)
Barrières allongées (3/4 de la largeur de la route)	Diminution de 67 % à 84 % des infractions par rapport au système à deux barrières	Inconnu	Carroll et Haines (2002a)

Contre-mesure	Efficacité	Coût	Source(s)
Système à quatre demi-barrières	Diminution de 82 % des infractions par rapport au système à deux barrières	125 000 \$ si des barrières standards sont déjà en place 250 000 \$ pour un passage à niveau non automatisé	Carroll et Haines (2002a), Hellman et Carroll (2002)
Système à quatre demi-barrières avec barrières centrales	Diminution de 92 % des infractions par rapport au système à deux barrières	135 000 \$	Carroll et Haines (2002a)
Barrières d'impasse	Diminution de 100 % des infractions, accidents, blessures et décès	15 000 \$	Carroll et Haines (2002a) NTSB (1998a)
Cinémomètres	Diminution de 34 % à 94 % des infractions	40 000 \$ à 70 000 \$ par installation	Carroll et Haines (2002b)
Systèmes évolués d'aide à la conduite et de sécurité des véhicules (ICSAWS)	Inconnue	5 000 \$ à 10 000 \$ par passage à niveau + 50 \$ à 250 \$ pour un récepteur	NTSB (1998a)

Remarque : La liste des contre-mesures est établie en fonction de la date approximative de leur introduction. L'efficacité d'une contre-mesure est exprimée en fonction de la diminution, en pourcentage, des accidents et autres infractions, par rapport aux dispositifs d'avertissement antérieurs. Les coûts sont exprimés en dollars US à partir de la source la plus récente.

Voici comment on peut résumer les résultats de cette étude :

- L'observation du comportement des automobilistes aux passages à niveau permet de conclure que la connaissance d'un passage à niveau et l'expectative qu'un train ne s'y trouvera pas risquent d'endormir la vigilance des automobilistes ou de les inciter à relâcher leur attention. C'est pourquoi les dispositifs d'avertissement automatiques qui empêchent les interactions trains-véhicules offrent les plus grandes chances de réduire les accidents, les blessés et les tués²².
- Les panneaux d'arrêt aux passages à niveau sont rarement respectés par les automobilistes. L'efficacité des panneaux d'arrêt pour réduire le nombre d'accidents par rapport au taux actuel d'accidents n'a pas été établie.

²² Les rapports d'enquête sur les accidents survenant à des piétons étayeraient cette conclusion.

- On a la preuve que les lampadaires aux passages à niveau réduisent le nombre de collisions la nuit entre les véhicules et les trains.
- La conversion de passages sans protection en passages protégés grâce à des feux clignotants et à des cloches et des barrières a pour effet de nettement réduire le nombre d'accidents.
- Le fait de compléter les feux clignotants et les barrières par d'autres contre-mesures comme des caméras de surveillance, des barrières centrales et des systèmes à quatre demi-barrières a pour effet de réduire la fréquence et la gravité des comportements délinquants.
- Des panneaux supplémentaires de signalisation avancée qui indiquent aux automobilistes ce qu'ils doivent faire à l'approche d'un passage à niveau (c.-à-d. « s'assurer qu'il n'y a pas de trains qui approchent » et « ne pas s'arrêter sur les voies ») doivent être conçus et évalués. Étant donné que les automobilistes omettent souvent de prêter attention à la signalisation avancée, il faut envisager d'installer plusieurs panneaux indicateurs.
- Les systèmes de transport intelligents (programme qui ajoute des technologies informatiques et de communications aux infrastructures et aux véhicules de transport) offrent une solution de remplacement des systèmes d'avertissement classiques (actifs et passifs) actuellement utilisés aux passages à niveau.
- L'intégration des contre-mesures aux passages à niveau rail-route problématiques contribuera aux réductions historiques déjà enregistrées. La diminution du nombre d'accidents, de blessés et de tués se produira selon une variabilité incertaine qu'il sera difficile d'attribuer à un programme donné de contre-mesures.

Il importe de signaler que la technologie n'est pas la seule façon d'assurer la sécurité des passages à niveau. L'éducation peut être une approche complémentaire de la technologie très efficace, en particulier lorsque la technologie est essentiellement absente. À cet égard, il faut mentionner en particulier l'Opération Gareautrain. L'Opération Gareautrain est un programme national d'éducation publique parrainé par l'Association des chemins de fer du Canada et Transports Canada qui collabore avec le Conseil canadien de la sécurité, les conseils/ligues provinciaux de la sécurité, les compagnies de chemin de fer, les syndicats, les services de police, le public et les groupes communautaires. Son objectif est de réduire les pertes de vie inutiles, les blessés et les dégâts causés par les collisions aux passages à niveau rail-route et par les incidents entre les trains et les piétons. Ce programme donne des présentations, transmet des messages d'intérêt public, épingle des affiches, etc. depuis 25 ans.

Des initiatives d'éducation comme l'Opération Gareautrain continueront de jouer un rôle crucial dans l'amélioration de la sécurité aux passages à niveau, en dépit des difficultés que présentent la constitution des réseaux appropriés et l'adaptation des principaux messages au fur et à mesure que la démographie évolue.

Comme nous l'avons vu plus haut, la rentabilité économique empêche d'aménager des sauts-de-mouton à chaque emplacement où il y a un passage à niveau. Le niveau de sécurité que l'on peut offrir aux trains, aux véhicules et aux piétons est une question gérée par Transports Canada par une procédure d'évaluation des risques. Il faut signaler que l'organe de réglementation a décidé que d'autres travaux s'imposent pour relever le défi qui consiste à assurer la sécurité des piétons aux passages à niveau. Il lancera sous peu une étude dont l'objectif est :

- de déterminer et de prendre des contre-mesures techniques et de fixer des exigences fonctionnelles pour les passages à niveau (y compris les approches) dans tout le Canada afin d'améliorer la sécurité des piétons;
- d'établir des critères détaillés qui serviront à identifier les passages où la sécurité des piétons revêt une importance cruciale;
- d'élaborer des critères détaillés qui serviront à déterminer le traitement le plus rentable de la sécurité des piétons à certains passages à niveau.

Une méthode de remplacement de la gestion des facteurs humains

Il est vraisemblable que l'incidence des facteurs humains sur la sécurité ferroviaire continuera de faire échec aux meilleurs efforts de ceux qui sont chargés d'améliorer le taux d'événements. Le D^r Jim Reason assimile la plupart des efforts visant à s'attaquer aux causes qui aboutissent aux événements à une tapette à moustiques – les efforts sont manifestes sur le plan acoustique, mais il y en aura toujours d'autres pour prendre leur place. Le meilleur moyen consiste à drainer le marais où ils se reproduisent – ce marais étant composé de caractéristiques comme une piètre conception, des objectifs conflictuels, une formation insuffisante et des moyens de défense insuffisants. En définitive, Reason affirme que la meilleure façon de procéder consiste à améliorer la culture de sécurité de l'organisation, car le principal motivateur de changement devient alors un désir intériorisé de sécurité au niveau systémique, plutôt qu'un comportement plus réactif et localisé. C'est pourquoi, au lieu d'offrir une série de solutions visant à atténuer les questions de facteurs humains qui sous-tendent les lacunes de sécurité dans le domaine du transport ferroviaire, une méthode plus productive et progressive consisterait à préconiser l'amélioration de la culture qui sous-tend la gestion de la sécurité dans le secteur du transport ferroviaire.

Culture de sécurité

La culture de sécurité peut se définir par la nature d'une organisation : les croyances, les attitudes et les valeurs de ses membres à l'égard de la sécurité et par ce qu'elle possède – les structures, les pratiques, les contrôles et les politiques conçues pour améliorer la sécurité. Dans sa forme sans doute la plus brève, la culture de sécurité est tout simplement « la façon dont on agit ici » (en ce qui concerne la sécurité). Selon Reason (1997), une culture de sécurité fructueuse s'articule autour de cinq éléments essentiels²³ :

- Une culture juste – une organisation a une culture juste s'il y a un climat de confiance dans lequel les gens sont invités à fournir des renseignements essentiels sur la sécurité mais savent là où il faut tirer un trait entre les comportements acceptables et les comportements inacceptables.
- Une culture de rapports – une organisation a une culture de rapports si les gens sont prêts à rendre compte de leurs propres erreurs et des accidents évités de justesse. Faute d'une telle mémoire collective, le système ne peut pas s'instruire.
- Une culture flexible – une organisation est dotée d'une culture flexible si elle arrive à s'adapter à l'évolution des pressions.
- Une culture d'apprentissage – une organisation a une culture d'apprentissage si elle donne suite (qu'elle met en œuvre, qu'elle applique et qu'elle teste) les réformes nécessaires pour que le système devienne plus sûr. L'organisation utilise à la fois des mesures réactives et proactives pour guider les améliorations constantes du système au lieu de se contenter d'y apporter des solutions rapides locales.
- Une culture éclairée – une organisation a une culture éclairée si les responsables de la gestion et de l'exploitation du système connaissent parfaitement les facteurs humains, techniques, organisationnels et environnementaux qui déterminent la sécurité du système.

Même une analyse superficielle du contexte canadien du transport ferroviaire nous amènerait à conclure que les éléments mentionnés plus haut ne sont pas forcément manifestes dans la plupart des compagnies de chemin de fer. En dépit de certaines initiatives importantes, la culture « axée sur les règles » fait preuve d'une remarquable persévérance. Une telle culture se caractérise généralement par un manque de sensibilisation aux facteurs situationnels et par l'importance attachée à un système « axé sur des règles » qui impose des mesures aux différents individus, en particulier à ceux qui sont le plus proche des lieux d'un accident.

²³ Managing the Risks of Organizational Accidents.

À titre de comparaison, le transport aérien, en particulier en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord, a pris un cap différent. La culture de sécurité que l'on trouve généralement dans le secteur du transport aérien est plus évoluée que celle du transport ferroviaire, mais elle est parvenue là où elle est à force de s'instruire en cours de route. Dans une certaine mesure, le transport aérien a commencé par adopter le concept d'opération fondé sur des règles, mais a été contraint de bifurquer en cours de route vers une culture axée sur le rendement. La sécurité aérienne est issue de l'expression « erreur-pilote » inventée durant la Première Guerre mondiale et la première partie de la Deuxième Guerre mondiale (où le problème de sécurité était essentiellement résolu par le vœu que « la pomme pourrie » nous fasse la grâce de périr dans l'accident) en raison de la perte significative de ressources attribuable à des accidents non opérationnels (dépassant généralement les pertes au combat). Grâce aux recherches sur les facteurs humains, on a fini par comprendre les limites de l'être humain. Devant la persistance d'un taux d'accidents élevé, cela s'est transformé ultérieurement en un modèle d'intégration de « l'homme-machine-mission », où l'on tenait compte de l'élément humain (de ses capacités et de ses limites) tout en s'occupant de la conception et de l'exploitation du système. L'objectif avoué était de maximiser les chances que le système atteigne ses objectifs. En définitive, le langage de la culture de sécurité et des éléments qui le constituent est devenu profondément enraciné dans le transport aérien. Même s'il est incontestable que les compagnies aériennes ne possèdent pas toutes une culture de sécurité efficace, dans une plus large mesure que l'industrie du transport ferroviaire, les retombées d'une telle approche pour l'industrie du transport aérien sont tenues pour acquises.

Reason (1997) pense qu'une culture de sécurité qui est loin d'être suffisante aboutit :

- à une augmentation du nombre de faiblesses défensives attribuables à des défaillances actives;
- à une capacité réduite à comprendre toute l'ampleur des dangers opérationnels;
- au refus de faire face proactivement aux carences connues dans les moyens de défense en profondeur.

La gamme de sécurité

Un article rédigé par Transports Canada, Aviation civile publié dans le Journal de l'OACI²⁴ incite à croire qu'il y a une gamme de sécurité et que les gens et les organismes peuvent être placés sur cette gamme selon ce qu'ils font pour concilier les questions de sécurité, d'affaires et de gestion. L'article se poursuit en expliquant qu'au sein d'une organisation, il est apparent que certaines actions sont rétribuées alors que d'autres font l'objet de sanctions. Gestionnaires et

²⁴ Voir *La gamme de sécurité*, Journal de l'OACI, volume 60, numéro 4, juillet/août 2005.

employés apprennent ces façons de faire et s'y conforment. Cet ensemble de valeurs, d'attentes et de comportements devient la culture de l'organisation. Certaines cultures peuvent faire avancer la cause de la sécurité, alors que d'autres sont contre-productives. La gamme de sécurité cherche à positionner la gamme des valeurs culturelles et des approches qui s'y rattachent en fonction de la gestion de la sécurité (voir annexe C pour une matrice décrivant cette gamme).

La gamme de sécurité regroupe les réflexions actuelles en matière de sécurité, de gestion et d'affaires. Elle intègre les réflexions en matière de sécurité de James Reason, Charles Perrow et Patrick Hudson; les réflexions en matière de gestion des risques d'A. Ian Glendon et Alan Waring; les réflexions en matière d'affaires et de gestion de Forest Reinhardt et Joan Magretta; et enfin les réflexions en matière de réglementation de Malcom K. Sparrow.

La gamme de sécurité offre également un cadre de référence à l'organe de réglementation. Les organes de réglementation interagissent avec les entreprises et les personnes selon l'endroit où elles se situent dans la gamme de sécurité. C'est la raison pour laquelle les organes de réglementation doivent réagir d'une façon adaptée aux comportements affichés par l'organisation ou l'individu. Ils doivent concevoir des stratégies pour assurer le respect des normes de sécurité minimums et offrir les justes stimulants ou les stratégies de relais pour faire progresser les réflexions sur la gestion de la sécurité.

Il est conseillé d'évaluer la gamme de sécurité pour juger de l'efficacité avec laquelle elle offre des directives à la fois à l'industrie du transport ferroviaire et à l'organe de réglementation.

Lorsqu'elle est interprétée sous un jour particulier, la *Loi sur la sécurité ferroviaire* peut offrir les mécanismes nécessaires à la promotion d'une culture de sécurité fructueuse. Toutefois, la *Loi* dans sa forme actuelle ne prescrit pas expressément une telle approche et, jusqu'ici, rien ne prouve qu'elle ait réussi à en générer une.

5. Recommandations

Obligations relatives aux rapports et à l'échange des données

Il faut procéder à une analyse multipartite des besoins pour définir les prescriptions en matière de données et concevoir des mécanismes d'établissement de rapports et d'échange de données pour s'assurer que les données liées aux événements peuvent être utilisées par les responsables de la sécurité au maximum de leur avantage. Il faut faire particulièrement attention aux indicateurs tardifs et avancés qui favoriseront un système efficace de gestion de la sécurité et l'acquisition d'une solide culture de sécurité.

Compétences de TC Sécurité ferroviaire relatives à des facteurs humains

La Direction générale de la sécurité ferroviaire de TC doit nettement renforcer son potentiel pour gérer avec efficacité les facteurs humains qui se rattachent à la sécurité ferroviaire. Elle doit songer à recruter des employés techniquement compétents et à dispenser une formation d'initiation aux facteurs humains aux employés en poste.

Facteurs humains et conception des systèmes

La *LSF* et (ou) ses règlements doivent être modifiés pour exiger des entreprises que les nouveaux matériels soient conformes aux lignes directrices existantes et aux normes sur l'ingénierie des facteurs humains et qu'elles élaborent des stratégies pour atténuer les effets de la piètre conception des matériels existants sur la sécurité.

Règles relatives au temps de travail et de repos

Une équipe indépendante d'experts de la fatigue doit être constituée pour évaluer la capacité des règles en vigueur relatives au temps de travail et de repos à gérer les risques qui se rattachent à la fatigue dans l'exploitation ferroviaire. Les résultats de l'évaluation devront être utilisés par la Direction générale de la sécurité ferroviaire de TC pour prescrire les changements qui s'imposent.

Formation sur la gestion des ressources de l'équipe

L'industrie doit être tenue d'évaluer dans le détail la GRE et les concepts intrinsèques afin de déterminer la valeur d'une formation et de l'appui d'une telle façon d'aborder la gestion des risques. La Direction générale de la sécurité ferroviaire de TC doit être prête à appuyer un tel projet. En outre, en vertu du rôle que les facteurs humains jouent dans les événements ferroviaires, il faut songer à intégrer des éléments des facteurs humains comme les mécanismes de

l'erreur humaine et l'évitement des pièges à erreur dans la formation dispensée à tous les échelons de l'exploitation et de la gestion des chemins de fer.

Changement de culture

La Direction générale de la sécurité ferroviaire de TC doit lancer un programme complet de gestion du changement en vue d'améliorer la culture qui sous-tend la gestion de la sécurité au sein de l'organisation et de l'industrie du transport ferroviaire en général par l'élaboration des éléments essentiels d'une culture de sécurité fructueuse.

La gamme de sécurité

La gamme de sécurité doit être évaluée sur le plan de l'efficacité avec laquelle elle fournit des directives à la fois à l'industrie du transport ferroviaire et à l'organe de réglementation.

La LSF

La *LSF* doit être modifiée pour prescrire expressément une philosophie de « défense en profondeur » (c.-à-d. des moyens de défense multiples et diversifiés pour atténuer les risques d'erreurs humaines normales) au lieu d'appuyer tacitement une approche exclusivement fondée sur les règles en ce qui concerne la gestion de la sécurité.

La *LSF* doit être modifiée pour favoriser la promotion d'une culture de sécurité fructueuse.

Annexes

Annexe A – Bibliographie

Annexe B – Données sur les événements aux passages à niveau

Annexe C – La gamme de sécurité

Annexe A – BIBLIOGRAPHIE

Cox, S.J. et Tait, N.R.S. (1991). *Safety, reliability and risk management: An integrated approach*. London : Butterworth-Heinemann.

Dekker, S. W. A. (2004). Accidents in transportation. Encyclopedia of Applied Psychology. San Diego, CA: Academic Press.

Dekker, Sidney. 2004. Ten Questions About Human Error: A New View of Human Factors and System Safety. Lawrence Earlbaum Publishers.

Dekker, S. W. A. (2006). The field guide to understanding human error. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Co. Dekker, S. W. A. (2005).

Dinges, D. An overview of sleepiness and accidents. *J Sleep Res* 1995;4(2):4-14.

Dinges, D, Kribbs, N. Performing while sleepy: effects of experimentally-induced sleepiness. Dans : Monk, T., éditeur. Sleep, sleepiness, and performance. New York : John Wiley & Sons; 1991, p. 98-128.

Edwards, E. (1972). Man and machine: Systems for safety. *Proceedings of the BALPA Technical Symposium*. Londres.

Fawcett, H.A. (1986). *Rapport sur la définition de facteurs humains*. Hull (Québec) : Bureau canadien de la sécurité aérienne.

Hawkins, F.H. (1987). *Human factors in flight*. Hants, Grande-Bretagne : Gower Technical Press.

Hill, M. (1992). Human factors training for the investigator – The results of a systems approach to training development. Dans R. S. Jensen et D. Neumeister (éditeurs), *Proceedings of the Seventh International Symposium on Aviation Psychology* (p. 1031-1034). Columbus : The Ohio State University.

McCullough, E. et Hill, M. (1993). Human factors training for the investigator – A systems approach to transportation accident investigations. *Actes de la 26^e Conférence annuelle de l'Association canadienne d'ergonomie* (p. 115-120). Toronto : ACE.

O'Hare, D., Wiggins, M., Batt, R. et Morrison, D. (1994). Cognitive failure analysis for aircraft accident investigation. *Ergonomics* 37(11), 1855-1869.

Pollard, J. K. (1991). Issues in Locomotive Crew Management and Scheduling. USDOT Report # DOT/FRA/RRP-91-06.

Rasmussen, J. (1987). The definition of human error and a taxonomy for technical system design. Dans J. Rasmussen, K. Duncan et J. Leplat (éditeurs), *New technology and human error*. Toronto : Wiley & Sons.

Reason, J. (1990). *Human error*. New York : Cambridge University Press.

Reason, J. (1991). Too little and too late: A commentary on accident and incident reporting systems. Dans T. van der Schaaf, D. Lucas et A. Hale (éditeurs), *Near miss reporting as a safety tool* (p. 9-26). Oxford, Grande-Bretagne : Butterworth-Heinemann.

Reason, J. (1995). A systems approach to organizational error. *Ergonomics* 38(8), 1708-1721.

Rosekind, M. *et al.* Alertness management: strategic naps in operational settings. *J Sleep Res* 1995;4(2):62-66.

Rosekind, M.R., Miller, D.L., Gregory, K.B. et Dinges, D.F. (1995). Flight crew sleep in long-haul aircraft bunk facilities: Survey results. *Sleep Research* 24, 112.

The Safety Spectrum, Journal de l'OACI, vol. 60, n° 4, juillet/août 2005.

Thomas, G., Raslear, T. et Kuehn, G. (1997). The effects of work schedule on train handling performance and sleep of locomotive engineers: A simulator study. (Report No. DOT/FRA/ORD-97-09). Washington, D.C. : ministère des Transports des États-Unis, Federal Railroad Administration.

Rapport du BST n° R95S0021 – Collision du CN, London (Ontario), 16 février 1995.

Rapport du BST n° R04T0008 Collision du CFCP, Greely (C.-B.), 1^{er} octobre 1995.

Wilde, G.J.S. et Stinson, J.F. (1980). *Human factors considerations in locomotive cab design* (CIGGT Project No. 80-9). Kingston (Ontario) : Université Queen's, Canadian Institute of Guided Ground Transport.

Annexe B – Données sur les accidents aux passages à niveau

Accidents aux passages à niveau par an (pour 2007, les données vont jusqu'au 10 juillet)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
264	280	263	251	236	269	248	106	1917

Accidents aux passages à niveau selon le type d'impact, 2000 à aujourd'hui

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Manquantes	1	0	2	1	1	0	1	0	.	.	.	.	6	2	52	49
Heurté par un véhicule	85	32	75	27	68	26	70	28	74	31	85	32	69	28	20	19
Véhicule heurté	165	63	193	69	177	67	168	67	154	65	168	62	161	65	30	28
Piéton heurté	13	5	10	4	17	6	12	5	8	3	16	6	12	5	4	4
Total	264	100	280	100	263	100	251	100	236	100	269	100	248	100	106	100

Accidents aux passages à niveau selon la densité de la circulation routière/ferroviaire, 2000 à aujourd'hui

N ^{bre} de trains franchissant le passage quotidiennement	N ^{bre} de véhicules franchissant le passage quotidiennement											
	Manquantes		0-100		101-1000		1001-10000		10001+		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	
Manquantes	330	86	.	.	3	1	1	0	.	.	334	
0-5	23	6	173	39	125	31	157	28	34	26	512	
6-10	14	4	70	16	78	20	145	26	45	35	352	
11-25	5	1	113	26	133	33	150	27	25	19	426	
26+	13	3	83	19	60	15	112	20	25	19	293	
Total	385	100	439	100	399	100	565	100	129	100	1917	

Accidents aux passages à niveau selon l'emplacement du passage à niveau, 2000 à aujourd'hui

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Manquantes	5	2	2	1	1	0	1	0	.	.	.	.	10	4	56	53
Zone urbaine	153	58	164	59	161	61	145	58	133	56	160	59	124	50	20	19
Zone rurale	67	25	67	24	58	22	84	33	69	29	60	22	74	30	25	24
Passage privé	9	3	10	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Passage industriel	30	11	37	13	43	16	21	8	34	14	49	18	40	16	5	5
Total	264	100	280	100	263	100	251	100	236	100	269	100	248	100	106	100

Accidents aux passages à niveau : occupants des véhicules tués selon la vitesse approximative du train et la vitesse routière affichée, 2000 à aujourd'hui

	Vitesse du train										
	Manquantes	0	1-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	Plus de 69	
Vitesse routière											
Manquantes	3	.	0	1	0	2	5	3	2	0	
30 et moins	1	.	1	0	3	1	3	2	1	5	
40	.	.	.	.	0	0	0	2	.	0	
45	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.
50	0	0	4	4	9	8	17	13	5	3	
55	.	.	.	.	.	.	0	0	.	.	
60	0	.	0	0	2	5	2	7	7	2	
65	.	.	.	.	.	0	.	.	1	.	
70	.	.	0	0	0	.	2	0	.	3	
80	0	0	3	0	6	6	11	15	5	2	
Plus de 80	1	.	2	1	3	0	3	3	0	1	
Total	5	0	10	6	23	22	43	45	21	16	

Accidents aux passages à niveau selon le type de passage, 2000 à aujourd'hui

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Manquantes	1	0	2	1	1	0	1	0	.	.	.	.	6	2	43	41
Passage public automatisé	139	53	145	52	129	49	136	54	117	50	160	59	116	47	32	30
Passage public non protégé	84	32	77	28	95	36	72	29	64	27	71	26	77	31	24	23
Passage privé	37	14	48	17	33	13	36	14	51	22	33	12	47	19	7	7
Passage de ferme	3	1	8	3	5	2	6	2	4	2	5	2	2	1	.	.
Total	264	100	280	100	263	100	251	100	236	100	269	100	248	100	106	100

Annexe C – La gamme de sécurité

	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5
Opinion	La conformité est perçue comme un coût	La sécurité est perçue comme la conformité	La sécurité est perçue comme un risque	La sécurité est perçue comme une opportunité	La sécurité est entièrement intégrée aux pratiques commerciales
Problème	Réduction des coûts	Sanctions (amendes, prison, suspensions, etc.)	Gaspillage	Intérêts des clients et des partenaires	Pérennité
But visé	Minimiser les dépenses liées à la conformité	Minimiser les sanctions	Minimiser les coûts	Maximiser les revenus	Maximiser les profits
Processus	Se conformer sous la contrainte et attribuer des blâmes	Inspections et vérifications internes reposant sur un système interne de récompenses et de punitions	Intégrer les programmes de sécurité	Inclure les questions de sécurité dans les décisions de marketing et d'exploitation	Options et éléments de sécurité entièrement intégrés dans toutes les facettes commerciales
Approche face à la gestion de la sécurité	Pas la moindre approche en matière de gestion de la sécurité	Stratégies de conformité	Systèmes de gestion de la sécurité (SGS)	Systèmes de gestion de la sécurité (SGS) + Stratégies commerciales	Systèmes de gestion de la sécurité (SGS) + Stratégies commerciales + Modèle de fonctionnement
Qualificatif culturel	Pathologique	Réactif	Calculateur	Proactif	Génératif