



Office  
des transports  
du Canada

Canadian  
Transportation  
Agency

# Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire



Maintenir un réseau de transport efficace et accessible pour tous

disponible sur divers supports

Canada

Ce document ainsi que les autres publications de l'Office des transports du Canada sont disponibles sur notre site Web : [www.otc.gc.ca](http://www.otc.gc.ca).

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec l'Office :

Office des transports du Canada

Ottawa (Ontario) K1A 0N9

Téléphone : 1-888-222-2592

ATS : 1-800-669-5575

Télécopieur : 819-997-6727

Courriel : [info@otc-cta.gc.ca](mailto:info@otc-cta.gc.ca)

Site Web : [www.otc.gc.ca](http://www.otc.gc.ca)

N° de catalogue TT4-20/2011F-PDF

ISBN 978-1-100-97920-5

© Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada

août 2011

## Table des matières

Remerciements .....	i
Résumé de la méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire .....	ii
1.0 Introduction .....	1
1.1 Principes du son .....	2
1.2 Catégories de signaux sonores .....	6
1.3 Descripteurs et mesures du niveau sonore pour des événements de bruit non impulsif.....	8
1.4 Descripteurs et mesures du niveau sonore pour des événements de bruit impulsif.....	9
1.5 Principales sources de bruit ferroviaire .....	10
2.0 Méthodes recommandées pour la mesure et la présentation d'un rapport sur le bruit .....	11
2.1 Méthode A : Estimation simplifiée .....	12
2.2 Méthode B : Évaluation basée sur des modèles prédictifs.....	16
2.3 Méthode C : Évaluation basée sur des mesures sur le terrain et des modèles prédictifs .....	20
2.4 Procédures de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit pour les méthodes B et C .....	31
3.0 Pour plus d'information.....	34
4.0 Définitions .....	34
5.0 Documents de référence .....	41
Annexe A – Méthode simplifiée d'estimation.....	44
Annexe B – Suggestions pour la collecte des renseignements clés .....	75
Annexe C – Exemples de disposition des tableaux à présenter dans l'analyse .....	77
Annexe D – Facteurs correctifs pour les caractéristiques du son.....	80

## Remerciements

La présente *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire* a été rédigée en collaboration avec le Comité consultatif technique sur le bruit et les vibrations de l'Office des transports du Canada, dont les membres représentent l'industrie, les citoyens, les municipalités et les organismes gouvernementaux qui ont des compétences dans le domaine du bruit et des vibrations. Les membres de ce comité ont fourni des commentaires précieux pendant toute la préparation et la révision de la méthodologie.

### Membres

Grete Bridgewater	Compagnie de chemin de fer Canadien Pacifique
Nick Coleman	Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada
Patrick Charpentier	Agence métropolitaine de transport
Joanne Couture	Ville de Montréal
Irvin Graham	Représentant des citoyens
Stephen Keith	Santé Canada
Mike Lowenger	Association des chemins de fer du Canada
Tom Lowrey	Transports Canada
David Michaud	Santé Canada
Marc Prévost	Transports Canada
Adam Thompson	Fédération canadienne des municipalités
John W. van den Bosch	Représentant de matériel ferroviaire
Bill Wiles	Ville de Markham

Un remerciement particulier au groupe de travail, composé de Nick Coleman, Patrick Charpentier, Stephen Keith et John W. Van den Bosch, qui a collaboré étroitement avec le personnel de l'Office pendant tout le projet. Le personnel de l'Office remercie également John Bradley du Conseil national de la recherche pour ses commentaires à une version antérieure de ce document.

## Résumé de la méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire

L'Office des transports du Canada est habilité, en vertu de la *Loi sur les transports au Canada* (LTC), à régler les différends relatifs au bruit et aux vibrations liés à la construction ou à l'exploitation des chemins de fer qui relèvent de sa compétence.

En octobre 2008, l'Office a publié ses *Lignes directrices sur la résolution des plaintes relatives au bruit et aux vibrations ferroviaires*. Ces lignes directrices énoncent les mesures de coopération auxquelles les parties doivent se conformer avant que l'Office procède à une enquête sur une plainte. Elles établissent également les éléments dont tient compte l'Office lorsqu'il doit déterminer la conformité d'une compagnie de chemin de fer aux dispositions de la LTC concernant le bruit et les vibrations, et la marche à suivre pour déposer une plainte, de même que les renseignements à soumettre. Ces lignes directrices sont accessibles sur le site Web de l'Office à l'adresse :

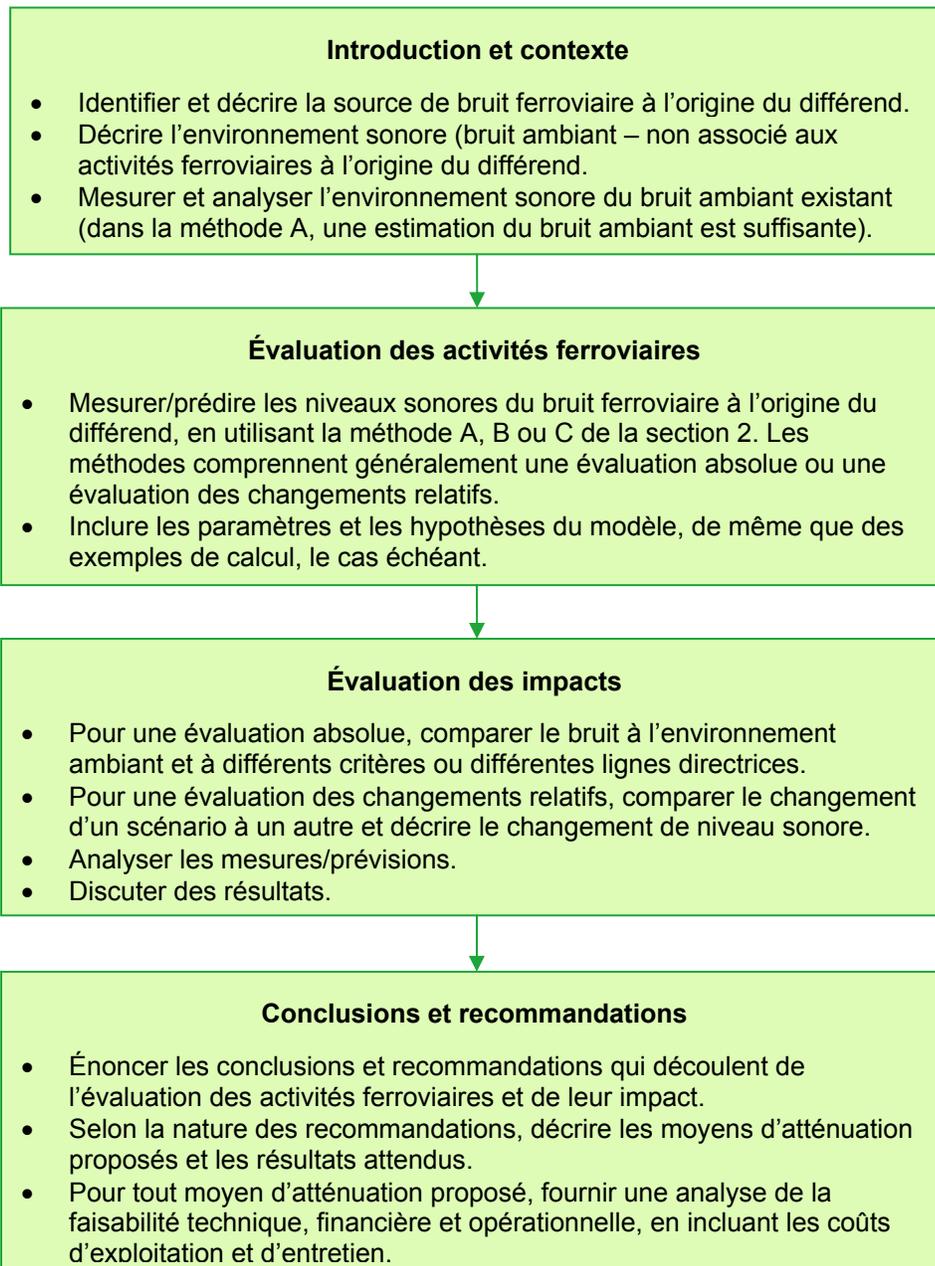
[www.otc-cta.gc.ca/fra/plaintes-rail](http://www.otc-cta.gc.ca/fra/plaintes-rail).

Il existe différentes méthodes pour évaluer les différents types de bruit dans différents environnements. La présente *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire* (méthodologie) a été rédigée en tant que complément aux lignes directrices pour guider les compagnies de chemin de fer, les citoyens et les municipalités dans l'évaluation du bruit ferroviaire dans le cadre d'une plainte relative au bruit devant l'Office. La méthodologie définit la marche à suivre pour évaluer les niveaux de bruit que produisent des installations ferroviaires existantes ou des installations en construction. L'Office pourra utiliser la méthodologie pour examiner les évaluations de bruit sur lesquelles il devra rendre une décision.

La section 1 passe en revue les principes du son, présente les descripteurs appropriés pour différents types de son et décrit les différents types de bruit qui sont liés à la construction et à l'exploitation de chemins de fer. La section 2 présente trois méthodes qui sont adaptées à la complexité du bruit ferroviaire à l'origine du différend. La méthode A est une méthode de calcul rapide et facile qui est conçue pour des situations simples dans lesquelles les sources de bruit sont peu nombreuses. Les méthodes B et C sont recommandées pour les activités ferroviaires qui sont de nature complexe et qui comportent de multiples sources de bruit. La méthode B se concentre sur la prévision du bruit pour en évaluer les impacts tandis que la méthode C emploie simultanément des mesures sur le terrain et des modèles prédictifs pour évaluer les impacts du bruit. La Section 4 fournit la définition des termes employés pour l'évaluation du bruit.

Que l'évaluation soit basée sur la méthode simplifiée ou l'une des deux méthodes plus complètes, elle devra suivre la démarche générale que décrit l'ordinogramme ci-dessous.

## Ordinogramme des méthodes proposées pour la mesure et la présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire



Le rapport sur le bruit doit décrire clairement le ou les récepteurs de bruit, le bruit ferroviaire qui est à l'origine du différend, la zone environnante, le bruit de fond ou bruit ambiant, en spécifiant la méthode de prévision employée (le cas échéant) et tous les paramètres de départ. Si des mesures ont été prises sur le terrain, ces mesures doivent être présentées en annexe sous forme de tableaux.

## 1.0 Introduction

En juin 2007, le Parlement a édicté des modifications à la *Loi sur les transports au Canada* (LTC) qui habilite l'Office, un tribunal administratif quasi judiciaire du gouvernement fédéral, à régler les plaintes relatives au bruit et aux vibrations liés à la construction ou à l'exploitation des chemins de fer qui relèvent de sa compétence.

En octobre 2008, l'Office a publié ses *Lignes directrices sur la résolution des plaintes relatives au bruit et aux vibrations ferroviaires* (lignes directrices). Ce document a été conçu pour aider les personnes, les administrations municipales et les compagnies de chemin de fer à régler les plaintes relatives au bruit et aux vibrations. Les lignes directrices énoncent:

- les mesures de coopération auxquelles les parties doivent se conformer avant que l'Office procède à une enquête ou à une audience sur une plainte;
- les éléments dont tient compte l'Office lorsqu'il doit déterminer la conformité d'une compagnie de chemin de fer aux dispositions de la LTC concernant le bruit et les vibrations;
- la marche à suivre pour déposer une plainte de même que les renseignements à soumettre.

Ces lignes directrices s'appliquent aux compagnies de chemin de fer de compétence fédérale ainsi qu'aux sociétés de transport publiques, y compris les administrations de transport de banlieue. Les lignes directrices s'appliquent à toute forme de bruit ou de vibrations produits pendant la construction et l'exploitation d'un chemin de fer. Par exemple, il peut s'agir du bruit occasionné par le passage de trains ou le fonctionnement au ralenti des locomotives, du bruit lié aux manœuvres, ou du bruit occasionné par la compression ou « l'allongement » des trains.

Les lignes directrices traitent des différends liés au bruit et aux vibrations produits par des activités ferroviaires existantes ou par des infrastructures en construction. Elles sont accessibles sur le site Web de l'Office à l'adresse :

[www.otc-cta.gc.ca/fra/plaintes-rail](http://www.otc-cta.gc.ca/fra/plaintes-rail).

Avant d'effectuer une évaluation du bruit produit par un chemin de fer de compétence fédérale, le lecteur est invité à consulter les lignes directrices. Entre autres aspects, les lignes directrices décrivent les mesures de coopération auxquelles les parties doivent se conformer pour satisfaire aux exigences de la LTC, la marche à suivre pour déposer auprès de l'Office une plainte relative au bruit ferroviaire, et les éléments qui seront pris en compte pour régler les plaintes.

Pour ce qui est des projets qui requièrent l'approbation de l'Office conformément au paragraphe 98(1) de la LTC, les compagnies de chemin de fer doivent évaluer les effets

environnementaux potentiels, y compris les questions concernant le bruit et les vibrations.

Il existe de nombreuses méthodes pour évaluer le bruit provenant de différentes sources dans différents environnements. La présente *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire* (méthodologie) a été rédigée pour guider les compagnies de chemin de fer, les citoyens et les municipalités qui désirent procéder à une évaluation du bruit dans le cadre d'une enquête de l'Office portant sur le bruit. Cette méthodologie a pour but de clarifier et d'uniformiser l'évaluation du bruit ferroviaire, en établissant la marche à suivre pour l'évaluation du bruit. L'Office pourra utiliser la méthodologie pour examiner les évaluations de bruit ferroviaire sur lesquelles il devra rendre une décision.

De nombreuses normes et lignes directrices ont été élaborées concernant le bruit et les vibrations. Certaines municipalités et provinces ont élaboré des normes sur les niveaux de bruit acceptables qui ont été intégrées à des règlements, des politiques ou des lignes directrices. L'Office peut tenir compte de ces normes et lignes directrices dans ses délibérations, mais n'y est pas lié. L'Office n'a pas établi de norme sur les niveaux de bruit acceptables pour les chemins de fer mais il détermine ce qui est raisonnable dans chaque cas. Ce qui est raisonnable dans certaines circonstances peut ne pas l'être dans d'autres.

Il est à noter que le sifflet des trains qui sert à des fins de sécurité pour avertir du passage d'un train constitue une exigence législative du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF) administré par Transports Canada (TC) en vertu de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, L.R.C., 1985, ch. 32 (4<sup>e</sup> suppl.) [LSF]. Cette exigence est décrite à la règle 14 du REF qu'on peut consulter sur le site Web de TC à l'adresse [www.tc.gc.ca/ferroviaire](http://www.tc.gc.ca/ferroviaire).

## 1.1 Principes du son

Dans sa forme la plus simple, le son est une succession d'ondes ou d'oscillations de pression (énergie) qui se déplacent dans un milieu fluide comme l'air. Ces ondes de pression font vibrer le tympan et créent ainsi la sensation du son.

Le bruit se définit comme un son indésirable. Par exemple, un certain type de musique peut être considéré comme un son agréable par une personne et comme un bruit agaçant par une autre. Les acousticiens emploient généralement les termes de son et de bruit comme synonymes.

Les ondes sonores se caractérisent par leurs [propriétés](#) générales, à savoir la [fréquence](#), la [longueur d'onde](#), la période, l'[amplitude](#) (intensité), la [vitesse](#) et le sens de transmission. Les vibrations de l'air ou les sons dont les fréquences se situent dans la plage approximative de 20 à 20 000 hertz sont généralement perceptibles par les êtres

humains. Le décibel (dB) est un rapport [logarithmique](#) entre une valeur et le niveau de pression de référence de 20  $\mu\text{Pa}$ .<sup>1</sup> Toutefois, en pratique, le niveau de référence est généralement implicite.

Le sonomètre est l'instrument le plus répandu pour la mesure des niveaux sonores. Le sonomètre le plus simple se compose d'un microphone, d'un filtre de pondération de fréquence, d'un convertisseur de niveau d'énergie (moyenne quadratique ou détecteur rms) et d'un indicateur logarithmique. Les sonomètres plus perfectionnés incorporent des filtres normalisés de bandes d'octave ou de fractions de bande d'octave, et fournissent des mesures additionnelles et des possibilités d'analyse.

Le contenu fréquentiel d'un signal sonore peut être évalué par différents types d'analyse de fréquence afin de déterminer les contributions relatives des différentes composantes fréquentielles à l'ensemble du son. Il est également possible de reproduire approximativement par de simples pondérations fréquentielles les effets combinés de différentes fréquences qui peuvent être perçues comme du bruit. Pour représenter une telle pondération, le symbole du décibel est accompagné d'un suffixe, par exemple dBA ou dBC.

Les lettres A ou C qui suivent l'abréviation dB (dBA ou dBC) désignent la fonction de réponse fréquentielle qui filtre les sons captés par le microphone du sonomètre. Lorsque le son n'est ni filtré ni pondéré, l'unité de mesure employée est le dB sans suffixe ou suivi de la lettre Z (dBZ). La fonction de réponse fréquentielle ou caractéristique de pondération (ce qui signifie que certaines fréquences sont assignées plus de poids ou d'importance que d'autres) sert à accentuer ou désaccentuer les sons selon leur niveau par rapport à d'autres. Les êtres humains sont généralement moins sensibles aux sons à basse fréquence. Le réseau de pondération A tient compte de cette caractéristique de la perception humaine en éliminant les sons à basse fréquence. La pondération C est parfois utilisée pour évaluer les impacts des bruits à basse fréquence et a une réponse fréquentielle quasi uniforme avec un minimum de filtrage. Le choix d'une unité de mesure du niveau sonore et d'un instrument de mesure dépend généralement de l'application.<sup>2</sup> Le Tableau 1 ci-dessous donne quelques exemples des niveaux de bruit typiques que perçoit l'oreille humaine.

---

<sup>1</sup> Le niveau de pression acoustique de 20 micropascals est le niveau le plus bas que peut percevoir une personne moyenne.

<sup>2</sup> L'unité de mesure la plus répandue pour la plupart des bruits ferroviaires est le dBA car cette unité correspond approximativement à la réaction de l'oreille humaine au bruit ferroviaire.

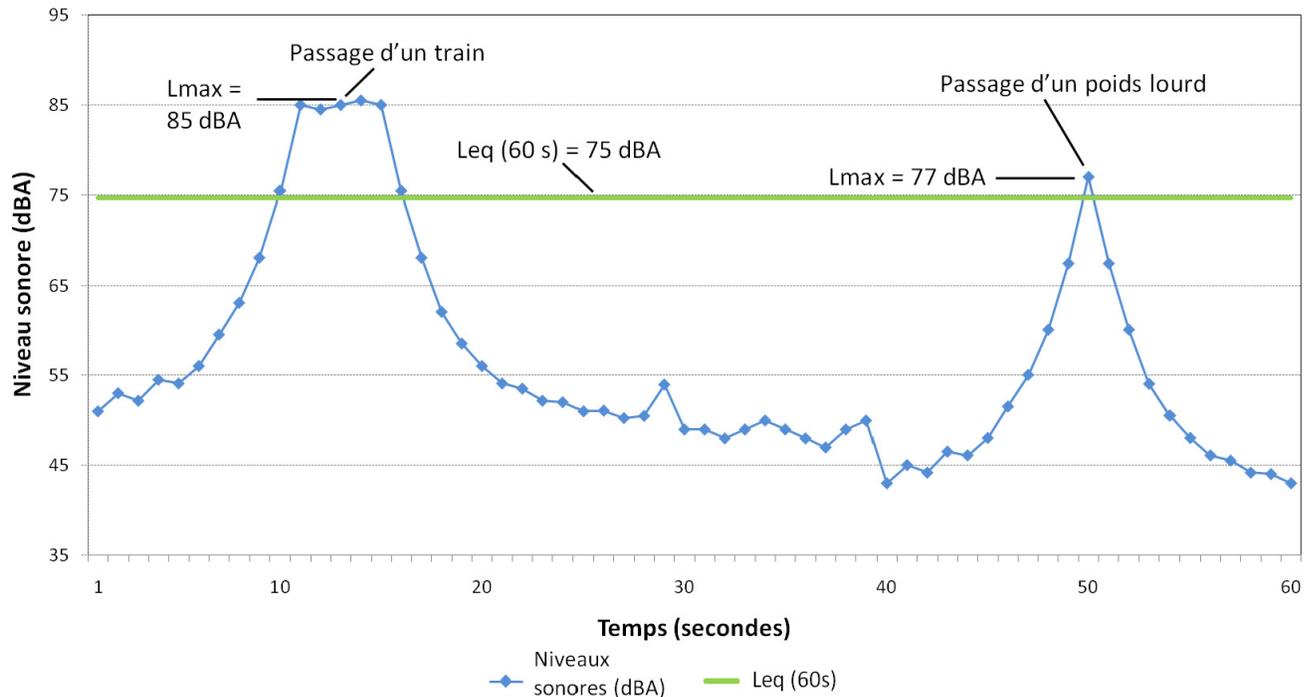
**Tableau 1 : Niveaux de bruit typiques\***

Source de bruit	Niveau sonore (dBA)
Décollage d'un avion à réaction à 60 mètres	120
Scie circulaire à main, à 1 mètre	115
Décollage d'un avion à réaction à 600 mètres	100
Tondeuse à gazon électrique à 1 mètre	80-90
Tailleuse de haie à 1 mètre	85
Moulin à café à 1 mètre	75-79
Personne qui chante fort à 1 mètre	75
Machine à coudre à 1 mètre	70-74
Train de voyageurs qui circule à 60 km/heure à 20 mètres	65
Séchoir à cheveux à 1 mètre	58-64
Conversation typique à 1 mètre	55
Tondeuse à cheveux à 1 mètre	50
Chambre à coucher	35

\* La plupart des niveaux sonores décrits ci-dessus proviennent du site Web du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), consulté en décembre 2010 (CCHST 2010), et de la Directive 38 de l'Energy Utilities Board (EUB) de l'Alberta, intitulée Noise Control, 2007 (EUB 2007).

La grande majorité des normes relatives au bruit sont basées sur des niveaux sonores qui utilisent l'équivalent d'énergie de niveau d'exposition au bruit, en décibels à pondération A (valeur  $L_{eq}$  en dBA), pendant une période de temps définie. La valeur  $L_{eq}$  (24 h), par exemple exprime le niveau d'exposition au bruit pendant une journée complète de 24 heures. Certaines normes emploient un descripteur d'événement unique de bruit, basé sur un niveau de bruit maximum ( $L_{max}$ ). Les concepts de niveau sonore  $L_{eq}$  et  $L_{max}$  sont illustrés dans la figure 1 ci-dessous. Le diagramme représente le passage d'une seule locomotive et le passage d'un poids lourd sur une période de 60 secondes.

**Figure 1** : Exemple des concepts  $L_{eq}$  et  $L_{max}$



Au moment du passage d'un train, le niveau sonore  $L_{eq}$  (1 s) augmente jusqu'à 85 dBA et baisse jusqu'à 43-53 dBA pendant les pauses du trafic. Le passage du poids lourd fait monter le niveau  $L_{eq}$  (1 s) jusqu'à 77 dBA pendant une brève période, après quoi le niveau baisse à environ 44-45 dBA. Dans ce cas, le calcul de la valeur  $L_{eq}$  (60 s) [valeur équivalente d'énergie à un niveau d'exposition sonore pendant une période de 60 secondes] est égal à 75 dBA. La valeur  $L_{max}$  pour le passage du train est égale à 85 dBA. Cet exemple démontre que des événements uniques de bruit, comme le passage d'un train, peuvent être prédominants pour le calcul de la valeur  $L_{eq}$ .

Pour tenir compte du fait que l'inconfort provoqué par le bruit est plus élevé pendant la nuit, l'Environmental Protection Agency des É.-U. (U.S. EPA) a mis au point une unité de mesure du niveau sonore jour-nuit, dont le symbole est  $L_{dn}$  (EPA, 1974). Le niveau sonore  $L_{dn}$  est semblable au niveau  $L_{eq}$  (24 h), sauf pour une correction additionnelle de 10 dB qui est ajoutée au niveau  $L_{dn}$  pour le bruit nocturne (de 22 h à 7 h). Il en résulte que la mesure de bruit  $L_{dn}$  est généralement supérieure à la valeur  $L_{eq}$  cumulative pour une même période de 24 heures (dans la mesure où les niveaux sonores horaires pendant la nuit sont similaires aux niveaux sonores pendant le jour, faute de quoi la correction n'est pas significative).

Comme les niveaux sonores sont basés sur une échelle logarithmique, il est impossible de les additionner ou de les soustraire directement. Par exemple, si une locomotive produit un niveau sonore de 80 dBA et si une seconde locomotive identique est placée à côté de la première, le niveau sonore produit par les deux locomotives s'élève à

83 dBA et non à 160 dBA. Le Tableau 2 ci-dessous présente une méthode simplifiée d'addition de niveaux sonores, dont la précision est d'environ 1 dB.

**Tableau 2** : Méthode simplifiée d'addition de décibels

<b>Différence numérique entre deux niveaux sonores (en dB)</b>	<b>Ajouter la valeur ci-dessous au niveau de bruit le plus élevé</b>
0 - 1 dB	3
2 - 3 dB	2
4 - 9 dB	1
10 dB ou plus	0

Règle générale, lorsque la différence est de 10 dB ou plus, aucune correction n'est nécessaire car la contribution totale du niveau sonore le plus bas est négligeable par rapport au niveau sonore le plus élevé.

Les deux principaux aspects du bruit ferroviaire sont les suivants :

- bruit à basse fréquence<sup>3</sup> produit par des locomotives diesel;
- bruit impulsif à haute intensité qui résulte de l'accouplement de voitures ou d'une manœuvre de trains dans laquelle plusieurs voitures s'arrêtent et repartent.

De tels sons à haute intensité peuvent avoir sur les structures un effet qui peut être perçu comme une vibration du bâtiment.

La section 4 contient d'autres définitions des termes techniques employés dans le présent document.

## **1.2 Catégories de signaux sonores**

Les signaux sonores sont généralement répartis entre les catégories suivantes :

- a. niveaux sonores stables (comme le bruit produit par l'équipement de ventilation associé aux infrastructures ferroviaires);
- b. niveaux sonores stables mais intermittents (comme le bruit de trains qui fonctionnent au ralenti sur une voie principale);
- c. niveaux sonores qui varient dans le temps (comme un passage de train ou un certain nombre de passages pendant une période prédéfinie);

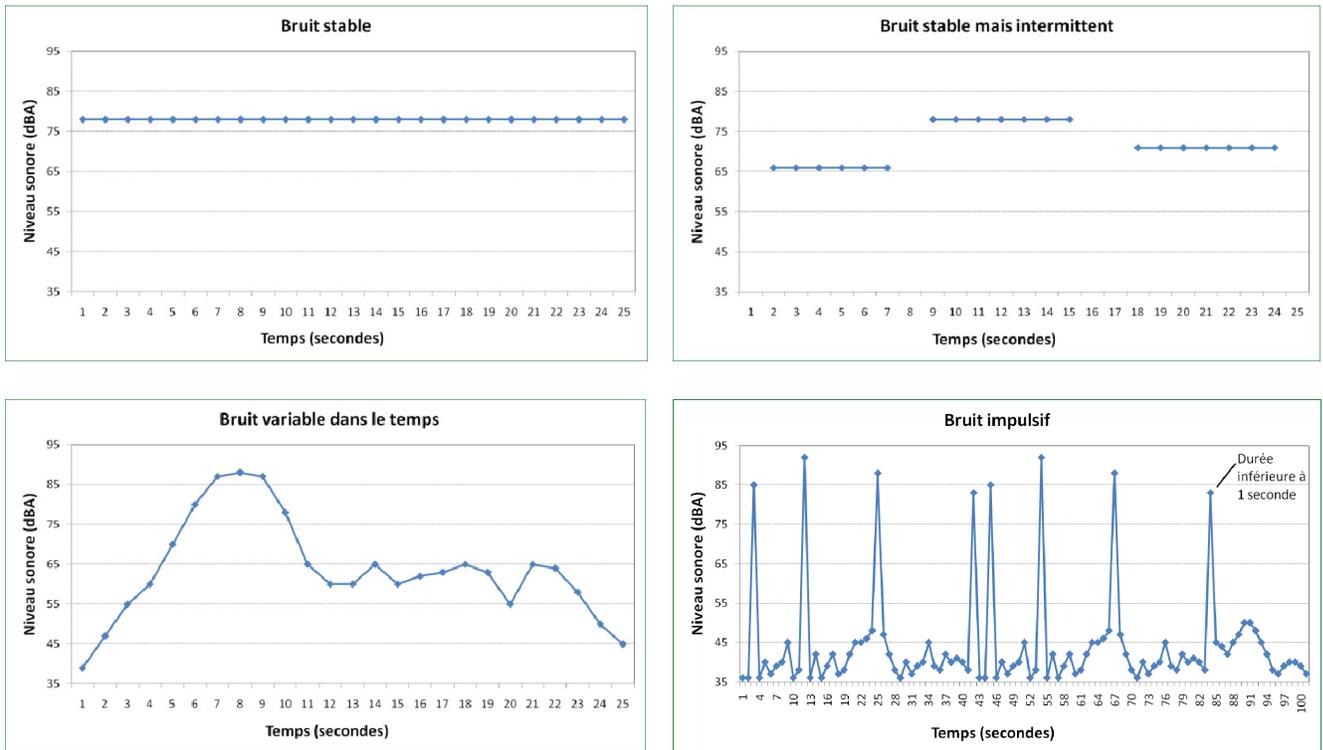
---

<sup>3</sup> L'abréviation LFN (Low Frequency Noise) est parfois employée pour désigner le bruit à basse fréquence.

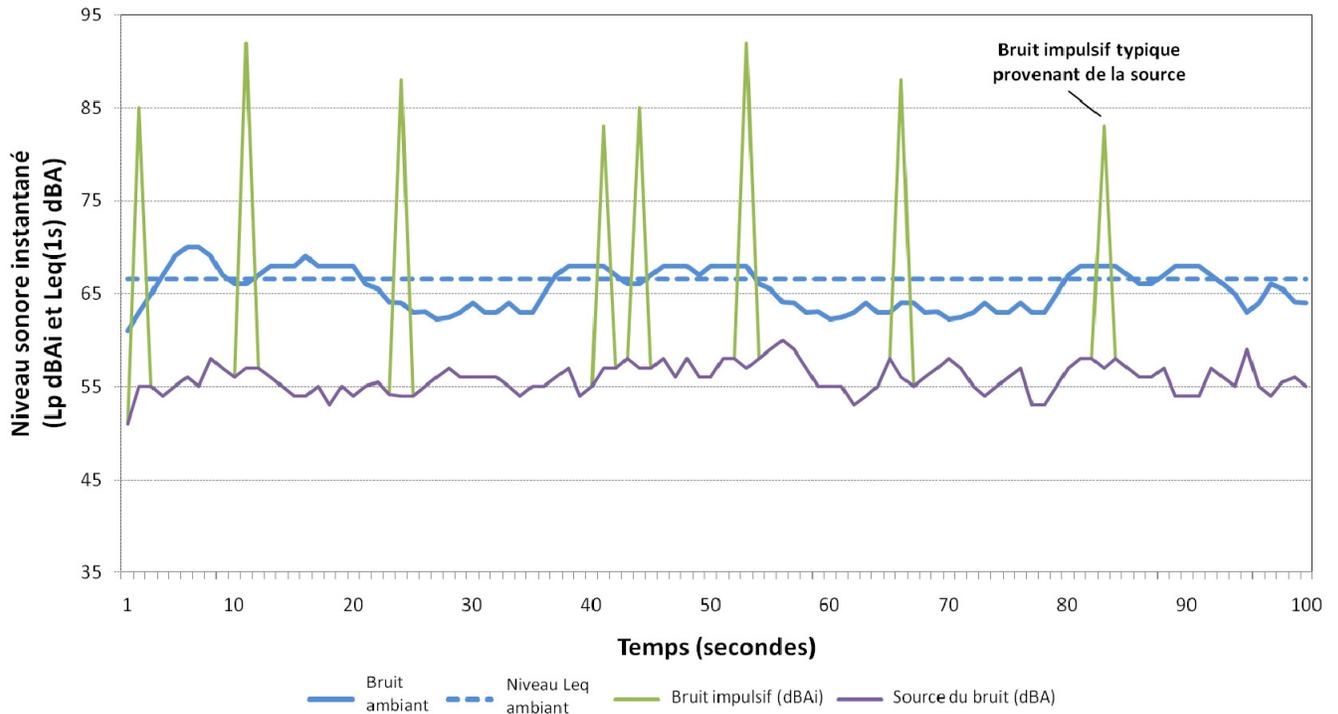
- d. signaux sonores impulsifs, composés d'une ou de plusieurs impulsions (comme les bruits produits par la manœuvre, l'accouplement, l'arrêt et le départ de trains).

La catégorie de sons influe sur le mode de mesure, les réglages du sonomètre à utiliser et la présentation éventuelle des descripteurs et autres données. Les figures 2 et 3 ci-dessous montrent le classement typique des différents événements sonores, à savoir bruit stable, intermittent, variable dans le temps et bruit impulsif.

**Figure 2** : Classement typique d'événements sonores – bruit stable, intermittent, variable dans le temps et bruit impulsif



**Figure 3** : Diagramme temporel typique de signaux sonores impulsifs



### 1.3 Descripteurs et mesures du niveau sonore pour des événements de bruit non impulsif

Voici la liste des principaux descripteurs de niveau sonore pour des événements de bruit non impulsif :

- niveau sonore à pondération A (instantané) qui sert à la mesure et à la prévision du bruit;
- niveau sonore maximum ( $L_{\max}$ ) qui sert à la mesure et à la prévision du bruit pendant un seul événement;
- niveau d'exposition sonore (SEL), qui décrit le niveau sonore moyen d'un seul événement à des fins de mesure et de prévision du bruit (équivalent de la valeur  $L_{\text{eq}}$  mais normalisé sur une base temporelle d'une seconde);
- niveau sonore équivalent ( $L_{\text{eq}}$ ), qui est une mesure employée pour décrire l'exposition cumulative d'un récepteur (durée/nombre d'événements) de tous les événements de bruit pendant une certaine période de temps, à des fins d'évaluation de la conformité (p. ex. une heure, une journée de 16 heures, une nuit de 8 heures ou une journée de 24 heures). C'est le descripteur le plus couramment utilisé à des fins d'évaluation des impacts;

- niveaux sonores statistiques ( $L_{n\%}$ ), qui décrivent le pourcentage de fois que le niveau sonore est dépassé, par exemple  $L_{1\%}$ ,  $L_{10\%}$ ,  $L_{50\%}$ ,  $L_{90\%}$ ,  $L_{95\%}$ , etc.;
- niveau sonore jour-nuit ( $L_{dn}$ ), qui équivaut à la moyenne du niveau sonore à pondération A pendant une journée de 24 heures, après ajout de 10 décibels aux niveaux sonores qui se produisent pendant la nuit, de 22 h à 7 h.

## 1.4 Descripteurs et mesures du niveau sonore pour des événements de bruit impulsif

Il n'existe pas de consensus quant aux critères de mesure et d'évaluation des bruits impulsifs. Le bruit impulsif est un signal sonore de brève durée (généralement moins d'une seconde), dont l'intensité est particulièrement élevée, dont l'attaque est brusque et la décroissance rapide et dont la composition spectrale a tendance à évoluer rapidement.

Certaines activités ferroviaires produisent des bruits impulsifs. Mentionnons notamment l'accouplement de voitures pour l'assemblage d'un train, la réaction longitudinale des voitures (compression et allongement) au moment du démarrage ou immédiatement avant l'arrêt d'un train, la manœuvre des voitures dans les cours de triage et sur les voies d'évitement, de même que les travaux exécutés dans les ateliers de réparation. La figure 3 qui précède présente un diagramme temporel typique de bruits impulsifs.

Pour évaluer l'inconfort que peut causer le bruit impulsif, il peut être important de tenir compte des paramètres mesurables suivants : surpression de crête, temps de montée, durée, spectre et énergie du bruit impulsif.

Diverses autorités se fient à différentes normes pour la mesure et l'évaluation du bruit impulsif, notamment sur l'usage du niveau de crête non pondéré maximum  $dBZ_{pk}$  (linéaire), du niveau  $dB_{C_{pk}}$ , de la *réponse impulsionnelle* non pondérée maximum  $dBZ_i$  (linéaire), de la *réponse impulsionnelle* à pondération A maximum  $dB_{A_i}$  (les événements peuvent être considérés indépendamment ou groupés sur la base d'une *moyenne logarithmique*).<sup>4</sup> Certaines administrations utilisent simplement l'unité de mesure dBA en réglant le sonomètre à la réponse *rapide*, ce qui correspond à l'unité  $dBZ_i$ . L'usage de l'une quelconque de ces unités de mesure peut être considéré comme acceptable, dans la mesure où les résultats sont également exprimés en  $dB_{A_i}$ .

---

<sup>4</sup> En Ontario, après une recherche approfondie qui a été effectuée vers la fin des années 70, l'unité de mesure  $dB_{A_i}$  a été adoptée pour la mesure de signaux de bruit impulsif, avec la possibilité d'utiliser le niveau  $dB_{A_i}$  maximum ( $L_{max}$  en  $dB_{A_i}$ ) ou la moyenne logarithmique d'un groupe spécifié d'événements impulsifs (mesure appelée  $L_{LM}$  en  $dB_{A_i}$ ).

La norme CAN/CSA-ISO 1996 (CSA 2005) et la norme ANSI S12.7 (R2006) (ANSI 2006) fournissent un complément d'information sur le bruit impulsif, de même que sur ses modes de mesure et de correction.

## 1.5 Principales sources de bruit ferroviaire

Les paragraphes qui suivent décrivent les principales sources de bruits qui découlent des activités de construction et d'exploitation des chemins de fer.

### 1.5.1 Activités de construction

- Équipement motorisé et véhicules, comprenant les signaux sonores de marche arrière.
- Activités manuelles, comprenant soudage, martelage, chute d'objets métalliques, etc.
- Équipement de télécommunications et radios d'avertissement qui entourent les aires ou les équipes de construction.
- Communications entre les employés de chemins de fer (ce qui comprend les cris).
- Projets de construction majeurs de longue durée, comprenant les sauts-de-mouton.
- Battage de pieux.
- Dynamitage.

### 1.5.2 Activités d'exploitation

- Passage de trains sur des voies tangentielles.
- Déplacements de train sur des courbes de la voie ferrée qui peuvent faire crisser les roues.
- Fonctionnement au ralenti de locomotives pendant de longues périodes sur des lignes de chemins de fer, des voies d'évitement ou dans des cours de triage
- Trains en attente à des endroits spécifiques ou désignés pour la traversée d'une autre voie, ou en attente d'un signal, d'un inspecteur ou d'un changement d'équipe; bruits de sifflement qui précèdent les mouvements d'un train.
- Passage de trains sur des discontinuités de la voie ferrée, comme des dispositifs d'aiguillage, des cœurs, des travaux spéciaux sur la voie, des boîtes chaudes, des pièces traînantes, des détecteurs de défaut de roue, des joints de signalisation, des passages à niveau et autres infrastructures ferroviaires.

- Équipement de déneigement pour les dispositifs d'aiguillage dans les cours de triage et le long des corridors (en particulier sur les voies ferrées où le trafic est relativement élevé, à proximité de passages à niveau).
- Dispositifs d'avertissement sonore de tous genres, qu'ils soient montés sur un train ou placés à proximité de passages à niveau.
- Activités d'exploitation dans les cours de triage, comprenant les arrêts et départs de trains, l'assemblage de trains, la manœuvre de voitures (aiguillage), les freins de voie, l'usage de dispositifs de signalisation, les travaux de réparation.
- Activités d'exploitation d'une gare intermodale, comprenant le transfert de conteneurs.
- Succession rapide de trains de banlieue, en particulier pendant les heures de pointe du matin et de l'après-midi.
- Déplacements de train non planifiés, par suite de pannes des installations ou de l'équipement nécessitant des changements dans les modes d'exploitation, dont le réacheminement de trains.
- Les voies ferrées qui nécessitent des réparations (joints lâches, rails irréguliers, affaissement du sol) peuvent augmenter le bruit des activités décrites ci-dessus. Une augmentation du trafic ferroviaire peut également faire augmenter le bruit.

## 2.0 Méthodes recommandées pour la mesure et la présentation d'un rapport sur le bruit<sup>5</sup>

La présente section décrit les méthodes recommandées pour l'évaluation, la mesure et la présentation d'un rapport sur des niveaux sonores. Certaines des méthodes d'évaluation présentées nécessitent l'usage d'équipement spécialisé et l'application de procédures techniques relativement complexes. Dans les cas de différends qui nécessitent de l'équipement spécialisé et des calculs du bruit, il est recommandé que l'évaluation soit effectuée par un spécialiste de l'acoustique reconnu.

Les enquêtes sur le bruit ferroviaire peuvent être complexes et présenter de multiples facettes. Dans le but de mettre en place une méthode complète et cohérente

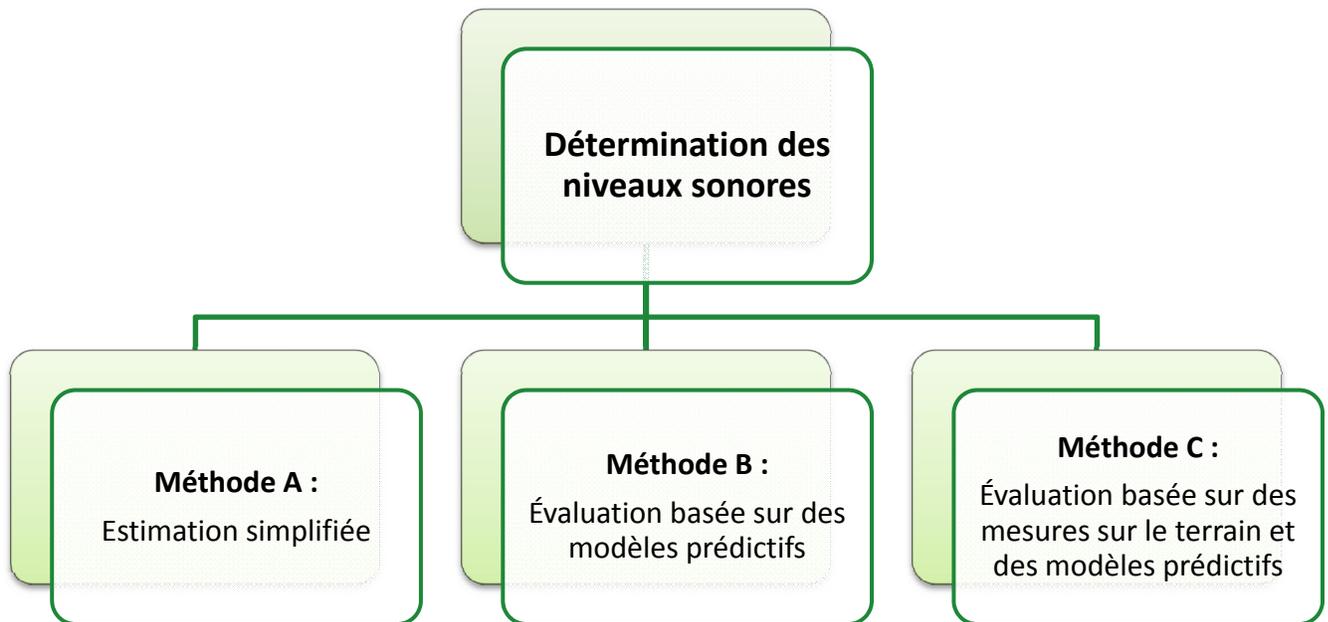
---

<sup>5</sup> Les méthodes recommandées n'ont pas été conçues pour la prévision de l'impact du bruit ferroviaire sur des projets de développement résidentiel futurs qui seront adjacents à des installations ferroviaires existantes, ni pour l'homologation des niveaux sonores de nouveaux véhicules ferroviaires.

d'évaluation des bruits, le présent document décrit les principales méthodes pour déterminer les niveaux sonores que produisent les activités ferroviaires à l'origine d'un différend. L'ordinogramme de la figure 4 résume les méthodes recommandées. La méthode A est une méthode de calcul rapide et facile qui est conçue pour des situations simples dans lesquelles les sources de bruit sont peu nombreuses. Les méthodes B et C sont recommandées pour les activités ferroviaires qui sont de nature complexe et qui comportent de multiples sources de bruit. La méthode B se concentre sur les prévisions du bruit pour en évaluer les impacts, tandis que la méthode C emploie simultanément des mesures sur le terrain et des modèles prédictifs pour évaluer les impacts du bruit.

Lorsqu'une enquête est entreprise pour régler un différend concernant le bruit produit par une certaine exploitation ferroviaire, la méthode privilégiée consiste à se fier aux résultats de mesures des niveaux sonores prises sur le terrain, complétées par des techniques analytiques, si cela est jugé nécessaire. Toutes les parties ont intérêt à ce que les mesures prises sur le terrain soient complétées par des prévisions des niveaux sonores.

**Figure 4 :** Survol des méthodes de détermination des niveaux sonores



## 2.1 Méthode A : Estimation simplifiée

La méthode d'estimation simplifiée a pour but de fournir aux parties une méthode de calcul rapide et facile permettant de prédire les impacts potentiels du bruit. Cette méthode n'est pas recommandée pour les activités ferroviaires qui sont de nature complexe et qui comportent de multiples sources de bruit.

### ***Étape 1 : Identification du ou des récepteurs de bruit***

Pour la mesure et la détermination du bruit ferroviaire qui fait l'objet d'un différend, il est nécessaire de décider d'abord des lieux de l'évaluation.<sup>6</sup> Dans toute évaluation du bruit ferroviaire, il est important que les points de réception soient clairement définis et que l'usage du terrain et le zonage du secteur, y compris des photographies du secteur d'intérêt et des points de réception préoccupants, soient expliqués.

Les récepteurs peuvent comprendre des espaces extérieurs ou des espaces intérieurs dans des résidences permanentes, des écoles, des hôpitaux, des garderies, des résidences pour aînés et autres bâtiments.

### ***Étape 2 : Description du voisinage et de l'environnement de bruit de fond***

L'évaluation doit inclure une description du bruit ambiant ou bruit de fond qui existe aux points de réception du bruit (en excluant l'activité ferroviaire à l'origine du différend). S'il est impossible de justifier adéquatement les niveaux sonores en mesurant le bruit de fond, il est permis d'estimer le bruit de fond en utilisant des niveaux de référence connus pour des zones où l'environnement acoustique est semblable, des études de bruit faites précédemment ou les valeurs d'approximation présentées dans le tableau 3 ci-dessous. L'estimation doit comprendre une justification qui en démontre la validité.

Les documents d'appui peuvent comprendre notamment :

- un plan à l'échelle de la zone dans lequel les récepteurs de bruit et autres sources de bruit sont indiqués (par exemple des installations industrielles à proximité, des survols d'aéronefs et une route passante ou une autoroute);
- une brève description des sources de bruit du voisinage;
- une description de la topographie et de la nature des terrains avoisinants;
- une description des mesures existantes de réduction du bruit, notamment levée de terre, ouvrage antibruit et fenêtres isolées.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> On peut choisir un seul ou plusieurs lieux d'évaluation, dans la mesure où le nombre est suffisant pour le cas à l'étude.

<sup>7</sup> Si des mesures d'atténuation du bruit ont été mises en place, il est vraisemblable qu'une étude de bruit a été faite précédemment. Cette étude est probablement disponible au bureau de planification municipal.

**Tableau 3 : Niveaux de bruit de référence pour estimation**

Type de collectivité	Description <sup>[1]</sup>	Densité de population moyenne du secteur de recensement, nombre de personnes au kilomètre carré	Niveau sonore estimatif de référence (en dBA)		
			Ldn <sup>[2]</sup>	Leq jour <sup>[3]</sup>	Leq nuit <sup>[3]</sup>
Zone rurale tranquille	Les bruits de fond sont dominés par les sons de la nature. Les habitations sont à plus de 500 mètres des routes très fréquentées et/ou des lignes ferroviaires, et ne sont pas fréquemment survolées par des avions.	27	≤ 45	≤ 45	≤ 35
Banlieue résidentielle tranquille	Les bruits de fond sont dominés par les sons de la nature pendant la nuit et par les sons d'activités humaines légèrement perceptibles pendant le jour. Les habitations sont à plus de 245 mètres de l'autoroute.	243	50	50	40
Banlieue résidentielle normale	Les bruits de l'activité humaine sont audibles pendant le jour tandis que certains sons de la nature sont audibles pendant la nuit. Les habitations sont à une distance de 120 à 245 mètres de l'autoroute.	772	55	55	45
Zone urbaine résidentielle	Les bruits de l'activité humaine dominent généralement le jour et la nuit. Les habitations sont à une distance de 60 à 120 mètres de l'autoroute.	2 432	60	60	50
Zone urbaine résidentielle bruyante	Centre urbain à forte population. Les bruits de l'activité humaine dominent clairement pendant toutes les heures du jour et de la nuit. La zone est à proximité de routes passantes, de zones industrielles, de lignes ferroviaires et est fréquemment survolée par des avions. Les habitations sont à une distance de 30 à 60 mètres des autoroutes.	7 722	65	65	55

Type de collectivité	Description <sup>[1]</sup>	Densité de population moyenne du secteur de recensement, nombre de personnes au kilomètre carré	Niveau sonore estimatif de référence (en dBA)		
			Ldn <sup>[2]</sup>	Leq jour <sup>[3]</sup>	Leq nuit <sup>[3]</sup>
Zone urbaine résidentielle très bruyante	Centre urbain à forte population. Les bruits de l'activité humaine dominent l'environnement sonore. La zone est à proximité d'une autoroute ou d'une ligne ferroviaire principale, ou est très proche d'un aéroport et est fréquemment survolée par des avions.	24 324	70	70	60

[1] Autoroute – route de 4 voies ou plus où les camions peuvent circuler et où la limite de vitesse affichée est de 100 km/h.

[2] Les niveaux sonores de référence Ldn sont extraits de la Directive 38 (révisée le 16 février 2007) de l'Energy and Utilities Board (EUB) de l'Alberta, de même que du document U.S. EPA Levels (EUB 2007, EPA 1974). Le niveau de référence pour la zone rurale tranquille résulte d'une estimation du niveau sonore  $L_{eq}$  nuit (22 h à 7 h) de 35 dBA, en supposant une différence de 10 dB entre le jour et la nuit (EUB 2007, EPA 1974, FTA 2006).

[3] La période  $L_{eq}$  pour le jour est de 7 h à 22 h et la période  $L_{eq}$  pour la nuit est de 22 h à 7 h. Les estimations des niveaux sonores pour le jour et la nuit sont extraites d'un document de la Federal Transit Administration des États-Unis intitulé *Transit Noise and Vibration Impact Assessment Report* (FTA 2006).

### **Étape 3 : Détermination des impacts du bruit produit par les activités ferroviaires**

L'annexe A présente les calculs simplifiés qu'il faut faire lorsque la méthode A est employée pour déterminer les impacts potentiels du bruit. Il est à noter que l'Office examine toute l'information soumise afin de se faire une idée complète des circonstances de chaque cas.

L'évaluation devrait décrire les caractéristiques uniques du bruit ferroviaire qui pourrait en modifier la perception, en indiquant s'il s'agit de bruit tonal, de bruit impulsif ou de bruit à basse fréquence. L'Office peut décider d'appliquer un facteur correctif pour tenir compte de ces caractéristiques.

En l'absence de mesures ou de calculs faits spécifiquement pour le bruit à l'intérieur des habitations, il est permis d'utiliser les données de l'EPA des É.-U. et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), selon lesquelles la perte de transmission de l'extérieur à l'intérieur est de 15 dB lorsque les fenêtres sont partiellement ouvertes et de 27 dB lorsque les fenêtres sont fermées (EPA 1974, OMS 1999). Cette approche peut ne pas convenir pour le bruit à basse fréquence.

#### **Étape 4 : Conclusions et recommandations**

L'évaluation doit se terminer par des conclusions et des recommandations, basées sur les impacts des niveaux sonores estimatifs. Selon la nature des recommandations, le rapport peut proposer ou non des mesures d'atténuation. Si des mesures d'atténuation sont proposées, le rapport doit prendre en considération la faisabilité technique, financière et opérationnelle de ces mesures.

### **2.2 Méthode B : Évaluation basée sur des modèles prédictifs**

Il peut être préférable d'employer des modèles prédictifs informatisés dans les situations où :

- le bruit ferroviaire est difficile à mesurer par des enquêtes sur le terrain;
- le bruit ferroviaire à l'origine du différend est peu fréquent et difficile à capter en faisant des études sur le terrain;
- les points de réception ne sont pas accessibles;
- les niveaux de bruit ambiant ou de bruit de fond nuisent à la mesure du bruit ferroviaire.

Un certain nombre de modèles de prévision du bruit ont été publiés et sont utilisés par différentes administrations. Pour l'évaluation du bruit ferroviaire, le modèle prédictif doit être représentatif de la situation à l'origine du différend. L'utilisation d'un scénario défavorable non représentatif du cas à l'étude peut être réfutée par l'autre parti. Facultativement, l'étude de bruit peut spécifier la plage des autres niveaux opérationnels (p. ex. niveau le plus bas et niveau le plus haut), ou les limites supérieures et inférieures qui correspondent à des événements spécifiques de bruit.

Les paragraphes qui suivent décrivent les modèles généralement recommandés pour prévoir le bruit produit par les activités ferroviaires. La marche à suivre pour la prévision ou la mesure du bruit ferroviaire est décrite au paragraphe 2.2.2. La marche à suivre pour la présentation d'un rapport fait l'objet de la sous-section 2.4.

## 2.2.1 Modèles de prévision du bruit

Tableau 4 : Modèles généralement recommandés

Modèle publié	Exemples d'applicabilité du modèle
STAMSON v5.03 / STEAM	Passages de train et bruits de sifflet
Département des transports des États-Unis – Federal Transit Authority	Passages de train, sifflets, fonctionnement au ralenti, manœuvre, crissement de roues et installations auxiliaires
ISO 9613-2	Fonctionnement au ralenti de trains, manœuvres, crissement de roues et installations auxiliaires

Comme ces modèles prédictifs sont révisés périodiquement, il convient d'utiliser la version la plus récente.

### **Modèle STEAM**

Le modèle STEAM,<sup>8</sup> *Sound from Trains Environmental Analysis Method* (1990), est un programme et une composante de prévision du bruit qui fait partie de la méthode « Ontario Road Noise Analysis Method for Environment and Transportation » (ORNAMENT), publiée par le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO 1989).

Cette méthode suppose que le niveau sonore au point de réception se compose des trois éléments suivants : moteur de locomotive et bruit d'échappement (formant supposément une seule source), bruit d'interaction roues-rails, et bruit des signaux d'avertissement (sifflets) qui sont émis lorsqu'un train approche un passage à niveau. La validité de cette méthode de prévision se limite à des distances entre la source et le récepteur qui vont de 15 mètres à environ 500 mètres. Lorsque les distances sont supérieures à 500 m ou lorsque la topographie est très irrégulière, il n'est pas recommandé d'utiliser des méthodes prédictives pour l'évaluation du bruit ferroviaire.

Ce modèle prédictif convient idéalement aux passages de train et aux bruits de sifflet. Il ne traite pas des activités qui se déroulent dans les installations d'entretien des compagnies de chemin de fer et dans les gares de triage, ni du fonctionnement au ralenti des locomotives.

---

<sup>8</sup> Le modèle STEAM donne des résultats qui sont raisonnablement comparables à ceux du modèle prédictif mis au point précédemment par le CNRC/SCHL, car les deux modèles ont été élaborés sur la même plateforme technique. Les mesures sur le terrain et les travaux de recherche ont été effectués par le CNRC et par le ministère de l'Environnement de l'Ontario.

## ***Département des transports des États-Unis – Modèle prédictif de la Federal Transit Authority***

Le document intitulé *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* (FTA-VA-90-1003-06, mai 2006) de la Federal Transit Authority du département des Transports des É.-U. est la seconde édition d'un guide qui a été publié pour la première fois en 1995 (FTA 2006). Ce document présente la marche à suivre pour prévoir et évaluer les impacts du bruit et des vibrations qui peuvent résulter de projets de transports en commun, y compris les projets ferroviaires. Trois niveaux d'analyse sont prévus pour l'évaluation du bruit et des vibrations résultant des activités d'exploitation. Le document traite également de l'évaluation des bruits de construction et de la présentation des résultats.

Ce manuel de la FTA contient des directives sur la prévision des niveaux sonores qui résultent d'un large éventail d'équipement et d'activités ferroviaires, notamment le fonctionnement au ralenti de locomotives, la manœuvre de voitures, les travaux spéciaux sur les voies et l'équipement ferroviaire lourd et léger. Les méthodes de la FTA sont basées sur des équations et des données tabulaires qui nécessitent des connaissances techniques.

### ***Modèle 9613-2 de l'Organisation internationale de normalisation***

Le modèle 9613-2:1996 de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), intitulé *Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 2 : Méthode générale de calcul*, sert à calculer l'atténuation du son à l'extérieur (ISO 1996). Les algorithmes tiennent compte des effets physiques, comme la divergence géométrique, l'absorption atmosphérique, l'effet de sol, la réflexion sur des surfaces et le filtrage dû à des obstacles. Comme la norme se fonde sur des équations, elle exige des utilisateurs une formation technique. Il existe sur le marché des modèles qui incorporent une version informatisée des algorithmes de la norme ISO.

### **2.2.2 Autres considérations pour l'évaluation du bruit ferroviaire**

Certaines directives et normes ne traitent pas des caractéristiques de bruit, comme la composante basse fréquence, la tonalité, le bruit impulsif ou les impacts d'événements individuels. Or, les ouvrages scientifiques laissent entendre que certaines caractéristiques du bruit peuvent avoir un effet sur la perception des bruits produits par les activités ferroviaires. Les paragraphes qui suivent contiennent donc des recommandations relatives aux caractéristiques du bruit.

#### ***Bruit à basse fréquence (LFN)***

De nombreuses administrations utilisent les descripteurs de niveau sonore à pondération A, comprenant notamment  $L_{eq}$  en dBA (sur différentes périodes de temps),  $L_{max}$  en dBA et les descripteurs statistiques  $L_{n\%}$  en dBA. Les ouvrages scientifiques et

certaines normes indiquent cependant que les niveaux sonores à pondération A sous-estiment l'impact des bruits à basse fréquence (ANSI 2005, CSA 2005). En effet, les sons dont la composante basse fréquence est élevée peuvent créer des vibrations dans les bâtiments, ce qui augmente l'inconfort causé par ce type de bruit (ANSI 2005, CSA 2005). Le bruit à évaluer contient une forte composante de basses fréquences si :

- Le niveau sonore à pondération C (p. ex. dBZ ou dBC) est égal ou dépasse d'environ 20 dB le niveau sonore à pondération A (dBA); ou
- Les sons se situent dans les bandes d'octave de 16,3,5 et 63 Hz et ont un niveau supérieur à 70 dB, car selon la norme ANSI ils peuvent alors produire des vibrations.

Il est à noter que les tests mentionnés ci-dessus ne font qu'indiquer qu'une analyse plus approfondie pourrait être justifiée ou qu'il faudrait possiblement envisager des facteurs correctifs pour décrire plus précisément le bruit à l'étude. Le test d'ANSI est préférable pour les sources de bruit qui sont éloignées. L'évaluation du bruit à basse fréquence nécessite un bon jugement. Lorsqu'un facteur correctif est utilisé, son usage doit être justifié. L'ANSI a publié des méthodes mathématiques d'évaluation du bruit à basse fréquence (ANSI 2005). Ces méthodes sont applicables uniquement lorsque le niveau sonore à pondération C et pondération temporelle dépasse d'au moins 10 dB le niveau sonore à pondération A. Pour les mesures à l'intérieur, il convient d'appliquer des critères de mesure qui tiennent compte du bruit à basse fréquence. Par exemple, comme les activités ferroviaires produisent davantage de sons à basse fréquence, certains critères qui s'appliquent spécifiquement aux activités ferroviaires peuvent être de 5 dB inférieurs aux critères qui s'appliquent au bruit causé par la circulation routière.

### ***Bruit tonal ou impulsif***

L'Association canadienne de normalisation, l'ISO, l'EPA aux États-Unis et l'OMS laissent entendre que le bruit tonal et le bruit impulsif peuvent incommoder et perturber les récepteurs (CSA 2005, EPA 1974, OMS 1999). Il convient donc d'envisager d'appliquer les facteurs correctifs appropriés pour les sons dont la nature tonale ou impulsive est audible au point de réception. L'annexe D donne des exemples d'application de facteurs correctifs. Le facteur correctif peut être appliqué au niveau sonore mesuré ou prévu, selon le cas. Le spécialiste de l'acoustique doit faire preuve de jugement professionnel dans l'application de ces facteurs. Lorsqu'un facteur correctif est employé, son usage doit être justifié.

### ***Événements uniques***

Plusieurs activités ferroviaires, notamment le passage de trains, émettent des bruits répétitifs de niveau élevé pendant de brèves périodes de temps, ce qui peut nuire au sommeil, aux communications et au bien-être général des habitants du voisinage

(OMS 1999). Dans ce cas, il est possible d'inclure les mesures ci-dessous dans la méthode d'évaluation à titre de complément :

1. Niveau sonore maximum des événements;  $L_{\max}$  en dBA.
2. Niveau d'exposition sonore à des événements uniques; SEL en dBA.

## 2.3 Méthode C : Évaluation basée sur des mesures sur le terrain et des modèles prédictifs

La méthode C évalue les impacts en employant simultanément des mesures sur le terrain et des modèles prédictifs. Une évaluation comportant uniquement des mesures sur le terrain est toutefois acceptable dans la mesure où le bruit ambiant et les conditions atmosphériques le permettent.

Les modèles prédictifs recommandés pour le bruit sont brièvement décrits dans la sous-section 2.2.1. La méthode de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit qui est décrite dans la section 2.4 est également valable pour la méthode C. Les considérations additionnelles sur le bruit ferroviaire, notamment le bruit à basse fréquence, le bruit tonal et impulsif et l'impact d'événements individuels, sont traitées dans la sous-section 2.2.2.

### 2.3.1 Considérations préliminaires

#### *Instruments de mesure*

Les sonomètres et calibreurs acoustiques doivent être conformes à des spécifications rattachables à des normes nationales (CSA ou ANSI) ou internationales (notamment ISO). Ils doivent également être étalonnés par un laboratoire accrédité (généralement à tous les deux ans pour les sonomètres et à des intervalles de un ou deux ans pour les calibreurs). L'instrument privilégié pour la mesure du bruit spécifique et d'événements impulsifs est un sonomètre de type 1 (sonomètre de précision dont les tolérances ne dépassent pas  $\pm 1$  dB entre 100 et 4 000 Hz). Un sonomètre de type 2 (soit un sonomètre à usage général dont les tolérances sont de  $\pm 1,5$  dB entre 100 et 1 250 Hz et peuvent aller jusqu'à  $\pm 3$  dB à 4 000 Hz) dont les tolérances sont moins strictes, peut être utilisé pour les enquêtes nécessitant la mesure du bruit sur de longues périodes.

Les documents suivants s'appliquent à la présente méthode d'évaluation. Il est recommandé d'utiliser l'édition la plus récente (y compris les modifications éventuelles) :

- CEI 60942:2003, Électroacoustique – Calibreurs acoustiques (CEI 2003)
- CEI 61260:1995, Électroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave (CEI 1995).

- CEI 61672-1:2002, Électroacoustique – Sonomètres – Partie 1 : Spécifications (CEI 2002).

Le sonomètre doit être étalonné sur le terrain au moment des mesures (avant le début des mesures, pendant les sessions prolongées et à la fin des mesures), au moyen d'un calibre acoustique et conformément aux normes décrites ci-haut.

Le spécialiste en acoustique peut utiliser un ou plusieurs sonomètres synchronisés conformes aux spécifications ANSI de type 1 ou 2 (voir les spécifications S1.4a (R2006) et S1.43 [R2007]) pour faire simultanément des lectures de niveau sonore en différents endroits (ANSI 2006, ANSI 2007).

### ***Conditions météorologiques***

Les conditions météorologiques peuvent avoir les effets suivants sur l'évaluation du bruit de fond et du bruit ferroviaire :

- Le vent peut augmenter le niveau sonore capté par le microphone d'un sonomètre. Le bruit causé par le vent doit donc être d'au moins 10 dB inférieur aux sons à mesurer si on ne veut pas que les résultats soient faussés. Dans les zones où il y a beaucoup d'arbres très feuillus, tout vent dont la vitesse dépasse 20 km/h peut produire un bruit ambiant élevé.
- Les niveaux d'humidité relative qui dépassent 90 pour cent peuvent nuire à la performance du microphone. Des précipitations excessives peuvent changer les niveaux sonores et même endommager le sonomètre. Les spécifications du fabricant de chaque instrument doivent être respectées.
- La circulation automobile sur les routes mouillées peut augmenter le bruit ambiant et, par conséquent, nuire aux mesures.
- Lorsque la visibilité est mauvaise (notamment dans des conditions brumeuses), il se peut que des sifflets de train soient utilisés dans des zones où ils ne sont pas normalement utilisés ou qu'ils s'ajoutent aux sifflets normalement utilisés à des franchissements. Dans de telles conditions, la mesure des activités ferroviaires risque de ne pas être représentative des conditions typiques d'exploitation.
- Pendant une inversion de température, c'est-à-dire lorsque la température augmente à des altitudes élevées (habituellement la nuit), les ondes sonores qui seraient normalement dirigées vers l'atmosphère sont réfléchies vers le bas. Il peut en résulter une augmentation des niveaux sonores de 5 à 8 dB par rapport à des conditions atmosphériques neutres. Inversement, dans des conditions de gradient de température, c'est-à-dire lorsque la température diminue à des altitudes élevées (habituellement pendant le jour), les ondes sonores sont détournées ou réfléchies vers le haut, ce qui réduit les niveaux sonores de 5 à 10 dB par rapport à des conditions atmosphériques neutres. La direction et la

vitesse du vent peuvent également produire des différences semblables sur de grandes distances (AZDOT 2005).

Pour ce qui est des conditions météorologiques, les consignes suivantes doivent être respectées :

- a. Il faut éviter de prendre des mesures pendant des précipitations ou lorsque le sol est mouillé. De plus, il faut éviter de prendre des mesures dans des conditions brumeuses.
- b. Une bonnette pare-vent conçue pour s'ajuster au sonomètre doit être utilisée pour réduire l'effet de la circulation d'air sur le microphone.
- c. Dans des conditions météorologiques défavorables, les sonomètres employés pour des mesures de longue durée devraient être munis d'une trousse de protection appropriée pour prévenir les erreurs dues à des événements atypiques et pour protéger les sonomètres contre les éléments. De telles trousse comprennent généralement une bonnette pare-vent, des pics anti-oiseaux et une enceinte déshydratante pour les environnements à forte humidité.
- d. Lorsque les distances sont inférieures à 40 mètres, les effets des conditions atmosphériques sur la propagation du bruit sont négligeables pour les besoins de l'évaluation du bruit (ISO 1996 et ISO 2007).
- e. Pour éviter les erreurs de mesure dues au vent, il faut mesurer la vitesse du vent et ne pas prendre de mesure lorsque cette vitesse dépasse 20 km/h, sauf s'il peut être clairement démontré que le bruit produit par le vent est négligeable par rapport à la source mesurée. Pour cela, il faut fournir la température, l'humidité relative, de même que la vitesse et la direction du vent (ces données peuvent être mesurées manuellement ou extraites du site Web d'Environnement Canada ou d'une station de météo locale).

Lorsqu'il y a des marges de recul de plus de 40 mètres, il faut produire un registre de la température, de l'humidité relative, de la vitesse et de la direction des vents, une description de la visibilité et une description des phénomènes atmosphériques (p. ex. grêle, bruine, pluie verglaçante, neige, grésil, brouillard, tempête de sable, etc.). Il faut veiller à ce que les conditions de mesure ne dépassent pas les tolérances de l'instrument (notamment pour les températures de fonctionnement qui doivent généralement se situer entre -15 ° et 40 °, sauf si l'instrument est protégé, et pour l'humidité relative qui doit être inférieure à 90 pour cent).

### ***Bruit de fond***

Pour présenter une évaluation précise du bruit ferroviaire, il est important d'évaluer le bruit ambiant ou bruit de fond. Tout environnement où le bruit ambiant est élevé peut

influer sur les mesures du bruit. Par exemple, lorsqu'un train fonctionnant au ralenti est à proximité d'une autoroute passante, la mesure du bruit produit par la locomotive peut donner des résultats artificiellement élevés.

Les sources de bruit ambiant peuvent être constantes (c'est le cas du bourdonnement urbain ou du bruit produit par une autoroute distante) ou peuvent varier dans le temps, ce qui complique les enquêtes sur le bruit ferroviaire (notamment survol d'aéronefs ou circulation sur une route voisine).

Lorsque le bruit à mesurer dépasse de 10 dB ou plus le bruit de fond, ce dernier n'a pas d'effet significatif. Si la différence est inférieure à 10 dB, l'évaluation doit fournir une analyse raisonnablement précise du bruit ambiant au point de réception, pendant la ou les périodes où le bruit ferroviaire mesuré se produit. Un facteur correctif doit être appliqué aux résultats pour tenir compte de l'influence des niveaux sonores ambiants. Les sonomètres doivent être équipés d'une trousse de protection appropriée, afin de les protéger contre les conditions météorologiques défavorables.

Dans tous les cas, le rapport doit contenir une documentation adéquate et une évaluation des niveaux de bruit ambiant qui existent aux points de réception.

### **2.3.2 Méthode de mesure**

#### ***Bruit de construction***

Le bruit des petits projets de construction est généralement de brève durée. Par contre, dans le cas de projets à long terme, comme la construction de sauts-de-mouton, le bruit peut être gênant en raison de sa durée. De plus, les activités majeures de construction de chemin de fer comportant du dynamitage ou du battage de pieux peuvent produire des bruits impulsifs élevés, et gêner ou perturber ainsi des zones sensibles au bruit.

Il est donc important de prévoir le bruit de construction avec soin et de démontrer que toutes les mesures raisonnables ont été envisagées pour réduire ses effets potentiels.

Lorsque la compagnie de chemin de fer établit dès le départ et maintient des communications avec la collectivité voisine en lui expliquant la nature et la durée du bruit de construction, elle contribue à éviter ou à limiter les différends. La collectivité devrait être tenue au courant des plans du projet et de tous les efforts raisonnables de la compagnie de chemin de fer pour réduire le bruit de construction.

En mesurant le bruit et en réagissant rapidement au bruit qui dépasse le niveau prévu ou qui se produit en dehors des horaires convenus, la compagnie de chemin de fer peut également contribuer à apaiser les tensions entre elle et la collectivité locale. Voici la liste des principaux descripteurs de niveau de bruit qui devraient être considérés dans l'évaluation du bruit de construction :

- Mesure individuelle des niveaux de bruit impulsif (voir la sous-section 1.4 pour un complément d'information sur le bruit impulsif).
- $L_{max}$  à 7,5 mètres ou à 15 mètres pour les pièces individuelles du matériel de construction. La valeur  $L_{max}$  est le niveau sonore maximum qui est présent pendant une certaine période.
- Niveaux sonores  $L_{10}$ , soit les niveaux sonores dépassés pendant 10 pour cent du temps. Ces valeurs correspondent habituellement aux niveaux sonores que produit l'équipement le plus bruyant.
- Niveaux sonores  $L_{eq}$  horaires au point de réception.

### ***Bruit d'exploitation***

#### *1. Passage de trains et fonctionnement au ralenti de locomotives*

Pour le passage de trains et le fonctionnement au ralenti de locomotives, les mesures de niveau sonore peuvent se faire à une distance de référence fixe par rapport aux voies ferrées ou au point de réception. Les mesures de niveau sonore devraient se faire dans le champ lointain. Dans les aires d'agrément extérieures, les mesures devraient être prises à 1,5 mètres au-dessus du sol et à au moins 1 à 2 mètres de toute surface réfléchissante, pour empêcher les bruits réfléchis d'altérer les relevés. Le rapport doit inclure une description et un croquis de la source et du point de mesure. Les distances et les dimensions importantes doivent être spécifiées. Les résultats de mesures prises à une distance de référence fixe peuvent être extrapolés jusqu'au point de réception à évaluer, en utilisant les formules mathématiques des normes précitées ou un des modèles prédictifs du bruit qui ont été décrits dans la sous-section 2.2.1.

Pour les mesures prises sans surveillance, les appareils de contrôle devraient être munis des dispositifs de protection appropriés, tels qu'ils sont décrits dans la sous-section 2.3.1 ci-haut. De plus, des enregistrements audio supplémentaires (p. ex. wav, mp3, cassette vidéo, bande audionumérique, etc.) sont requis pour garantir que d'autres bruits n'ont pas influé sur les mesures du bruit à l'origine du différend.

Le tableau 6 ci-bas donne la liste des descripteurs de niveau sonore pour les mesures prises avec surveillance et sans surveillance.

**Tableau 5** : Descripteurs de niveau sonore pour les mesures de passage de trains

Description de la mesure	Descripteurs de niveau sonore à enregistrer	Commentaires
Mesures avec surveillance	$L_{eq}$ , SEL, $L_{max}$ , $L_{min}$	Fournir des notes détaillées sur les activités ferroviaires enregistrées dans la mesure. Si des sources de bruits non liées aux activités ferroviaires à l'origine du différend sont également audibles, elles devraient être également documentées.
Mesures sans surveillance	$L_{eq}$ , $L_{max}$ , $L_{min}$ , $L_{n\%}$ ( $L_1$ , $L_{10}$ , $L_{50}$ , et $L_{90}$ )	Les intervalles ne doivent pas durer plus de 20 minutes. Les mesures doivent exclure toute autre source de bruit que celle mesurée. Dans le cas contraire (p. ex. autoroute ou établissement industriel à proximité), les corrections appropriées devraient être appliquées pour isoler le bruit à évaluer.

Le rapport d'évaluation doit inclure les mesures de niveau sonore comportant des événements inhabituels. D'après les valeurs horaires  $L_{eq}$  mesurées et calculées, un profil quotidien des résultats doit être établi pour les niveaux ci-dessous :

- $L_{eq}$  jour (7 h à 22 h) et  $L_{eq}$  nuit (22 h à 7 h);
- $L_{eq}$  24 heures, dBA;
- $L_{dn}$ , dBA.

Les résultats devraient porter sur l'aire d'agrément extérieur, la ou les façades des bâtiments et, dans la mesure du possible, l'intérieur des habitations. Si ces endroits ne sont pas accessibles, il est permis d'extrapoler les mesures au moyen d'un modèle prédictif du bruit.

## 2. Sifflements de train aux passages à niveau

Les sifflets de train sont employés à des fins de sécurité pour prévenir les automobilistes, les piétons et les cheminots de l'approche d'un train. Leur usage découle d'une exigence juridique du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada* (REF), administré par Transports Canada (TC), en vertu de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (LSF). Selon le REF, les trains circulant à plus de 44 mi/h doivent utiliser le sifflet de locomotive un quart de mille avant le passage à niveau, et prolonger ou répéter ce signal jusqu'à ce que le passage à niveau soit entièrement occupé. Les

trains circulant à une vitesse de 44 mi/h ou moins doivent utiliser le sifflet de locomotive pour donner un délai d'avertissement de 20 secondes avant de s'engager dans le passage à niveau, et continuer jusqu'à ce que le passage à niveau soit entièrement occupé.

Les administrations municipales qui souhaitent abolir le sifflement des trains doivent communiquer directement avec la compagnie de chemin de fer en cause. De plus amples renseignements à ce sujet peuvent être obtenus en consultant la ligne directrice n° 1 de TC, *Méthode et conditions d'abolition du sifflet aux passages à niveau publics*, accessible à l'adresse : [www.tc.gc.ca/ferroviaire](http://www.tc.gc.ca/ferroviaire).

Des mesures de bruit de ces sifflets peuvent être inclus dans le rapport afin d'établir une image complète du bruit ferroviaire. TC a mis en place des mesures pour abolir les sifflements de train à certains passages à niveau, dans la mesure où il peut être démontré que certains critères de sécurité seront respectés.

Les mesures doivent être prises à une distance de 30 mètres dans un axe perpendiculaire à la voie ferrée, et à au moins 1,5 mètres au-dessus du sol. Les descripteurs recommandés des niveaux sonores sont les suivants :

- Descripteurs d'événement unique de bruit, dont  $L_{max}$  et SEL;
- Niveau d'exposition sonore  $L_{eq}$ , depuis le début du sifflement jusqu'à la fin.

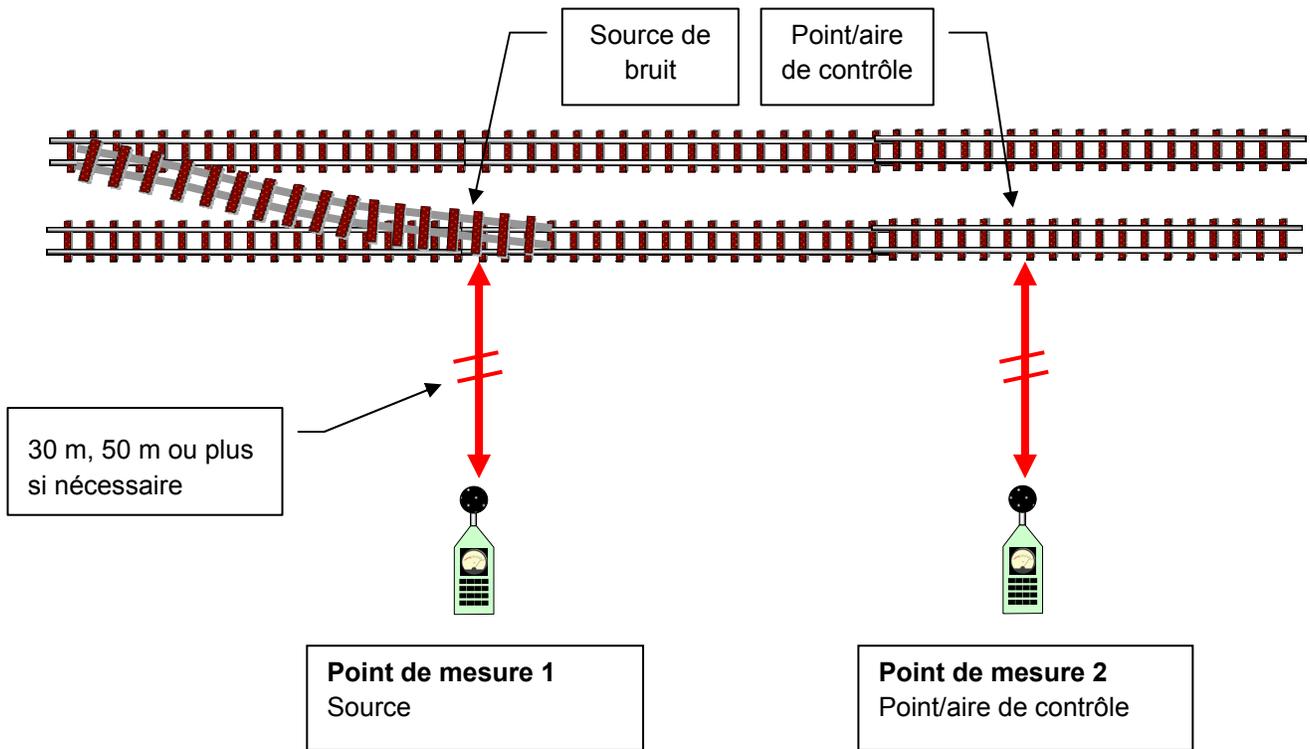
### 3. Mesures d'un point de contrôle pour fin de comparaison

Des mesures peuvent être prises à un point de contrôle pour fin de comparaison. La figure 5 présente la marche à suivre sous forme de schéma. Les mesures peuvent être prises simultanément ou de façon synchronisée aux deux endroits suivants :

- Immédiatement en face de la source de bruit, à une distance prédéfinie et dans une ligne de visée sans obstacle jusqu'à la source du bruit.
- Immédiatement en face du point ou de l'aire de contrôle, à la même distance et dans les mêmes conditions de propagation du bruit (notamment ligne de visée sans obstacle et, si possible, même degré d'absorption par le sol, etc.), mais à au moins 4 fois la distance entre le sonomètre et la voie ferrée ou le point d'aiguillage, d'un côté ou de l'autre du point à mesurer.

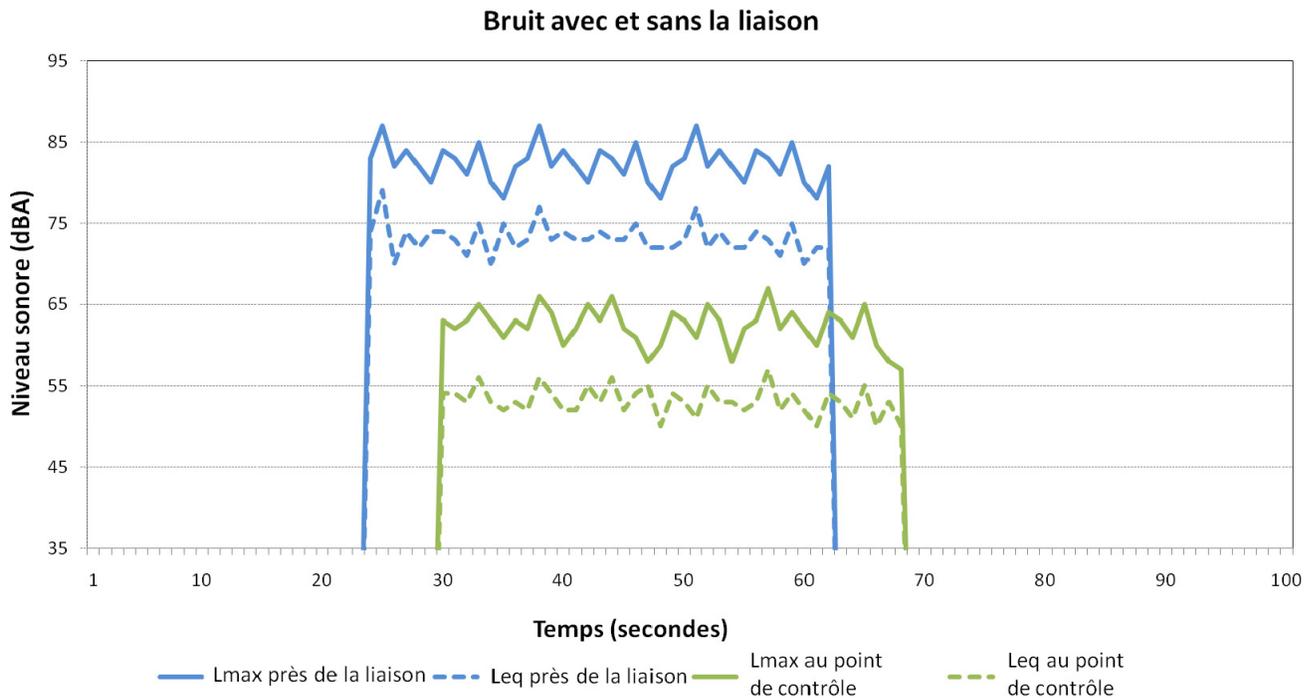
Comme le montre la figure 5, la distance entre les points de mesure doit être suffisante pour que le bruit produit par la discontinuité de la voie ferrée ne soit pas audible à l'endroit choisi pour les mesures du point ou de l'aire de contrôle. Les sources de bruit peuvent comprendre les aiguillages, les intersections de voies ferrées et les liaisons.

**Figure 5 : Méthode de mesure au point de contrôle**



La Figure 6 présente sous forme de diagramme une comparaison des mesures prises au point 1 et des mesures prises au point 2.

**Figure 6** : Exemple de diagramme des résultats de mesures prises au point de contrôle



Voici la liste des descripteurs recommandés de niveau sonore pour la comparaison :

- $L_{max}$ , dBA à chaque endroit;
- $L_{eq}$ , dBA pour chaque passage de train (à partir du temps où la première voiture ou locomotive franchit le point de mesure jusqu'à ce que la dernière voiture ait quitté ce point). Cette mesure est normalement désignée  $L_{eq\ pass-by}$ , dBA;
- Facultativement, niveaux  $L_{n\%}$ ;
- Un relevé des résultats moyens pour un certain nombre de passages de train représentatifs et des différences nettes entre les mesures prises aux deux endroits;
- Les différences horaires typiques calculées (ou mesurées) entre la source de bruit et les points de contrôle, d'après les déplacements moyens des trains pendant les périodes spécifiées.

Une méthode semblable peut être employée pour évaluer le bruit produit par des rails éclissés par rapport à celui produit par des rails soudés. Cependant, plutôt qu'un point de contrôle, il faut utiliser une aire de contrôle (c.-à-d. un champ d'influence plus étendu), choisie parmi des aires voisines où sont utilisés les rails soudés. Le choix de l'aire de contrôle doit être fait avec soin, en tenant compte du bruit ambiant et des différences possibles de vitesse et de réglage de puissance des trains.



Rail éclissé



Rail soudé

Il est également possible d'utiliser les facteurs correctifs décrits dans les ouvrages scientifiques pour évaluer les différences entre certaines configurations et conditions de voies ferrées.

#### *4. Niveaux de bruit impulsif produit par la manœuvre de trains, l'accouplement de voitures et les arrêts/départs de trains sur les voies d'évitement et dans les gares ferroviaires*

Dans certains cas, il peut être difficile de capter les bruits impulsifs provenant d'activités comme la manœuvre de trains, l'accouplement de voitures et les arrêts/départs de trains, car ces activités ne créent pas toutes des niveaux de bruit impulsif qui peuvent être aisément mesurés, en particulier si les marges de recul sont très grandes.

L'opération peut être encore plus difficile si certains bruits impulsifs se produisent de façon aléatoire.

L'endroit privilégié pour les mesures est le point de réception spécifique, dans le plan des fenêtres de la chambre à coucher. S'il est impossible de prendre des mesures à cet endroit, il est permis de choisir un endroit plus proche de la source. Dans ce cas, pour évaluer la propagation du bruit jusqu'au point de réception, il est possible d'utiliser un des modèles prédictifs décrits dans la sous-section 2.2, en y apportant les modifications nécessaires.

Bien qu'il existe des instruments qui permettent de mesurer sans surveillance des niveaux de bruit impulsif, il est recommandé d'être présent pendant les mesures de façon à capter un nombre suffisant d'événements, en gardant à l'esprit les consignes suivantes :

- a. Le rapport doit décrire la plage des niveaux sonores captés pendant la période de mesure;
- b. Le rapport doit spécifier les niveaux de bruit impulsif mesurés individuellement (voir dans la sous-section 1.4 les considérations additionnelles sur le bruit impulsif);
- c. Si le bruit d'une locomotive fonctionnant au ralenti est clairement audible et est une des causes du différend, le rapport doit inclure dans une section distincte les niveaux  $L_{eq}$  horaires;

- d. Si la marge de recul pour la mesure des niveaux sonores est supérieure à 40 mètres, le rapport doit inclure les données météorologiques horaires (voir dans la sous-section 2.3.1 les consignes relatives aux conditions météorologiques).

## 5. Bruit provenant d'installations fixes



© 2011 Microsoft Corporation Pictometry Bird's Eye © 2010 MDA Geospatial Services Inc.

En général, les installations ferroviaires fixes peuvent produire différents niveaux de bruit. Ces installations comprennent les gares ferroviaires, les gares de triage, les voies d'évitement, les gares intermodales, les installations de transport de marchandises en vrac, les ateliers de réparation, les installations d'essai de charge de locomotive, les sirènes et les balayeuses d'aiguillage. Si le bruit ambiant et les conditions atmosphériques le permettent, il est recommandé de prendre les mesures de niveau sonore immédiatement au point de réception ou à proximité de ce dernier, lorsqu'il s'agit d'évaluer le bruit produit par de grandes installations ferroviaires dans lesquelles les sources de bruit sont multiples.

Voici les éléments à considérer pour l'évaluation du bruit dans de telles installations :

- a. Mesure ou estimation des niveaux sonores  $L_{eq}$  horaires en dBA produits par l'installation, à l'exclusion du bruit de fond.
- b. Échantillon du spectre de fréquences au moyen d'un analyseur de fréquence par bande d'un tiers d'octave, afin de détecter les sources de bruit tonal ou cyclique (voir la sous-section 2.2.3).
- c. Évaluation des niveaux de bruit impulsif selon la description de la sous-section 1.4.
- d. Schéma de comparaison entre les valeurs  $L_{eq}$  horaires mesurées ou estimatives et les niveaux sonores du bruit de fond prédominant (p. ex. bruit de la circulation routière).
- e. Description détaillée des activités et plan de l'installation. Le plan doit clairement indiquer la position des sources de bruit à évaluer et des récepteurs d'intérêt.

## 2.4 Procédures de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit pour les méthodes B et C

Le rapport doit être clair, bien structuré et suffisamment complet pour permettre un examen technique par des pairs. Le rapport doit être soumis à l'Office sous forme de copie papier et en format électronique.

Le tableau 6 ci-dessous donne les recommandations relatives au contenu et à la présentation des mesures de bruit dans le rapport. Le rapport n'a pas à être limité à ces exigences.

**Tableau 6** : Recommandations relatives au contenu et à la présentation de rapport

Section du rapport	Description
1) Introduction	<p>L'introduction doit donner une vue d'ensemble du bruit ferroviaire à l'origine du différend. Elle doit inclure le contexte pertinent, les détails relatifs à l'emplacement mesuré et de l'information sur le bruit de fond (excluant la source de bruit à l'origine du différend). La liste des éléments à inclure est la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• un plan à l'échelle de l'emplacement, indiquant le ou les récepteurs sensibles au bruit, le nivellement (élevations), le lieu de l'activité ferroviaire à l'origine du différend et les autres sources de bruit dans le voisinage (notamment établissements industriels, survols d'aéronefs et routes passantes ou autoroutes);</li> <li>• une description de la topographie environnante, de l'usage des terres et des mesures existantes d'atténuation du bruit (notamment mur antibruit, levée de terre et fenêtres isolées);</li> <li>• des photographies du secteur (si possible).</li> </ul> <p>(L'annexe B donne la liste des sources où il est possible de se procurer des informations clés sur les activités ferroviaires, l'utilisation des terres, le zonage, les photographies aériennes, etc.)</p>
2) Description des activités ferroviaires	<p>Devrait inclure une description détaillée des activités ferroviaires à l'origine du différend et des photographies, si possible. Les principaux points à traiter sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• source probable du bruit;</li> <li>• description détaillée des activités d'exploitation et/ou de construction;</li> <li>• fréquence des occurrences de bruit;</li> <li>• nature du bruit, c'est-à-dire constant ou intermittent et contenant des caractéristiques de bruit basse fréquence, bruit tonal ou bruit impulsif;</li> <li>• en cas de crissement de roues, rayon de courbure de la voie ferrée;</li> <li>• pour des passages de train, vitesse et volume des trains, de même que</li> </ul>

Section du rapport	Description
	<p>le nombre de locomotives et de voitures<sup>9</sup>;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• type de rails, à savoir rails éclissés ou soudés;</li> <li>• conditions de la voie ferrée (p. ex. usure ondulatoire des rails, lacunes, etc.) et éventuellement position de travaux de voie (notamment liaisons);</li> <li>• présence de mesures existantes d'atténuation du bruit (p. ex. ouvrage antibruit, levée de terre, etc.).</li> </ul>
<p>3) Récepteurs sensibles au bruit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Description détaillée du ou des récepteurs sensibles au bruit, en spécifiant le lieu (adresse postale), le type d'habitation (p. ex. maison individuelle non attenante), le genre de construction et le nombre d'étages (p. ex. parement de brique, fenêtres à double vitrage, deux étages) et les détails sur la ventilation de la maison (p. ex. système de chauffage et climatisation). La distance entre l'unité d'habitation et l'activité ferroviaire à l'origine du différend doit être clairement énoncée dans le rapport.</li> <li>• Si la hauteur réelle des points de réception est inconnue, les hauteurs suivantes peuvent être supposées : aire d'agrément extérieure ou 1<sup>er</sup> étage du point de réception – 1,5 mètres au-dessus du niveau final du terrain, 2<sup>e</sup> étage 4,5 mètres au-dessus du niveau final du 1<sup>er</sup> étage, 3<sup>e</sup> étage, 7,5 mètres au-dessus du niveau final du 1<sup>er</sup> étage.</li> <li>• Photographies du ou des récepteurs de bruit.</li> <li>• Le bruit ambiant (excluant la source de bruit à l'origine du différend) peut être estimé d'après des niveaux de référence connus pour des zones ayant des environnements acoustiques semblables, d'après des études de bruit effectuées précédemment ou d'après les valeurs approximatives du tableau 3. Si l'estimation du bruit ambiant se fait à l'aide d'un modèle prédictif (p. ex. habitation à proximité d'une autoroute passante), le rapport doit inclure les détails et les procédures de modélisation.</li> <li>• Si le bruit ambiant a été mesuré, le rapport doit décrire le sonomètre utilisé, fournir une photo du montage, une photo aérienne indiquant clairement le lieu des mesures, un registre des conditions météorologiques et éventuellement les anomalies ou corrections appliquées aux données. La sous-section 2.3.1 fournit un complément d'information à ce sujet. Les données brutes doivent être fournies dans une annexe et les résultats présentés sous forme de tableaux.</li> </ul>

<sup>9</sup> Ces données peuvent être obtenues manuellement par comptage, en consultant les horaires en ligne, ou en appelant directement l'administration des chemins de fer en cause.

Section du rapport	Description
4) Niveaux sonores mesurés ou modélisés	<p>Cette section devrait présenter les résultats des mesures ou des prévisions des niveaux sonores, en décrivant clairement les méthodes utilisées pour obtenir les résultats. Plus précisément, la section doit contenir ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modèle prédictif employé (date et version);</li> <li>• instruments de mesure utilisés (comprenant date d'étalonnage) et conditions météorologiques au moment des mesures; description du bruit ambiant (excluant la source de bruit à l'origine du différend) au moment des mesures;</li> <li>• paramètres d'entrée de modélisation (p. ex. type de train, nombre de locomotives, nombre de voitures, volume des trains, coefficient d'absorption par le sol, ordre de grandeur des réflexions, vitesses, etc.) et justification du choix de ces paramètres. Les paramètres d'entrée peuvent être présentés dans un tableau. L'annexe C donne des exemples de tableaux qui peuvent être utilisés pour la présentation des résultats;</li> <li>• facteur correctif pour les caractéristiques du bruit (notamment bruit tonal) et justification de ces facteurs;</li> <li>• tableau des résultats (voir la sous-section 2.3.2 pour la liste des descripteurs appropriés de niveau sonore). Les descripteurs recommandés varient selon l'activité à évaluer;</li> <li>• exemples de calcul.</li> </ul>
5) Évaluation des impacts	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les deux façons les plus courantes d'évaluer les impacts sont les suivantes : en déterminant le changement des niveaux sonores qui a causé le différend ou en comparant les niveaux de bruit absolus de l'évaluation à des lignes directrices ou critères. La première méthode nécessite une comparaison des niveaux sonores de deux scénarios (p. ex. comparaison de l'année précédente à l'année en cours). Les évaluations peuvent utiliser les deux méthodes.</li> <li>• Selon le contexte du différend, les résultats peuvent porter sur l'extérieur et/ou l'intérieur de l'habitation, en particulier un espace sensible au bruit comme une chambre à coucher.</li> <li>• En l'absence de mesures prises à l'intérieur de l'habitation, il est permis de présenter une approximation des niveaux sonores à l'intérieur en suivant la méthode décrite dans la sous-section 2.1 – étape 3.</li> </ul>
6) Conclusions et recommandations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusions et recommandations basées sur l'évaluation des activités ferroviaires et de leurs impacts.</li> <li>• Selon la nature des recommandations, le rapport peut proposer des mesures d'atténuation du bruit.</li> </ul>

Section du rapport	Description
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si des mesures d'atténuation sont proposées, le rapport devrait analyser la faisabilité technique, financière et opérationnelle de ces mesures.</li> <li>• Des photographies ou des dessins des mesures d'atténuation proposées dans des situations semblables peuvent être utilisés pour démontrer la pertinence de ces mesures.</li> </ul>
7) Annexes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documents d'appui, tels que données brutes sur le bruit, diagrammes, exemples de calcul, spécifications des fabricants de l'équipement, etc.</li> </ul>

### 3.0 Pour plus d'information

Office des transports du Canada  
Ottawa (Ontario) K1A 0N9  
Tél. : 1-888-222-2592  
ATS : 1-800-669-5575  
Web : [www.otc.gc.ca](http://www.otc.gc.ca)  
Courriel : [info@otc-cta.gc.ca](mailto:info@otc-cta.gc.ca)

Pour un complément d'information sur la *Loi sur les transports au Canada*, de même que sur l'Office, ses responsabilités, ses décisions et les arrêtés, vous pouvez accéder au site Web de l'Office à l'adresse [www.otc.gc.ca](http://www.otc.gc.ca).

### 4.0 Définitions

**Office** : Office des transports du Canada.

**Absorber** : action de convertir les ondes sonores en énergie, notamment en chaleur qui est ensuite captée par le matériau isolant.

**Absorption** : en acoustique, transformation de l'énergie sonore en chaleur.

**Calibreur acoustique** : dispositif mécanique ou électromécanique qui produit un son de fréquence et de niveau de pression acoustique connus pour l'étalonnage sur le terrain ou en laboratoire de sonomètres ou d'appareils équivalents.

**Acoustique** : discipline qui étudie le son et ses propriétés dans tous les milieux.

**Son aérien** : son qui se propage dans l'air pour arriver au point d'intérêt, par exemple un côté d'une cloison.

**Niveau du son ambiant (ou bruit de fond)** : niveau sonore présent dans l'environnement mais qui est produit par des sources acoustiques autres que la source d'intérêt.

**Amplitude** : grandeur instantanée d'une valeur oscillante, comme une pression acoustique. L'amplitude de crête est la valeur maximum.

**Atténuer** : réduire le niveau d'un signal électrique ou acoustique. Réduction du niveau sonore.

**Domaine des fréquences audibles** : ensemble des fréquences sonores que perçoit normalement l'oreille humaine. La plage des fréquences audibles va de 20 Hz à 20 000 Hz.

**Niveau moyen de pression acoustique** : pour un certain nombre de niveaux de pression acoustique liés entre eux et mesurés à différentes positions ou en différents temps dans une bande de fréquences spécifiée, dix fois le logarithme décimal de la moyenne arithmétique du carré des rapports de pression d'où sont extraits les niveaux individuels.

**Niveau sonore à pondération A** : niveau de pression acoustique qu'indique un système de mesure doté d'un réseau de pondération A. La valeur résultante est exprimée en décibels et est généralement désignée dBA.

**Niveau du bruit de fond (ou bruit ambiant)** : niveau du bruit ambiant, à l'exclusion de la source à mesurer.

**Écran acoustique** : écran mobile qui sert à séparer les signaux provenant de différentes sources. Surface ou panneau sur lequel un haut-parleur est monté.

**Ballast** : couche de pierres concassées qui supporte les traverses sur lesquelles les rails sont installés.

**Battement** : niveau sonore audible qui varie de façon cyclique, qui peut être de nature tonale et qui est causé par l'interaction de tons ayant des fréquences légèrement différentes.

**Décibel (dB)** : unité logarithmique associée au niveau de pression acoustique, au niveau de puissance sonore ou au niveau d'accélération. Pour un exemple, voir la définition du niveau de pression acoustique.

**Décibel<sub>lent</sub> (dB<sub>s</sub>)** : échelle des décibels pour lesquels la fonction de réponse temporelle du sonomètre est réglée à « lent ».

**Décibel<sub>rapide</sub> (dB<sub>f</sub>)** : échelle des décibels pour lesquels la fonction de réponse temporelle du sonomètre est réglée à « rapide ».

**Diffraction** : changement du sens de propagation de l'énergie sonore au voisinage de la discontinuité d'une limite, comme le bord d'une surface réfléchissante ou absorbante.

**Divergence** : dans un champ acoustique libre, étalement des ondes sonores qui fait diminuer les niveaux de pression acoustique dans le champ éloigné à mesure que la distance par rapport à la source augmente.

**DMU (Unité multiple diesel)** : rame à unités multiples qui est propulsée par des moteurs diesel.

**Niveau sonore équivalent ( $L_{eq}$  ou  $L_{Aeq}$ )** : niveau équivalent de pression acoustique à pondération A, désigné  $L_{eq}$  et exprimé en dBA.

**Niveau de pression acoustique équivalent ( $L_{eq}$ )** : niveau d'un son constant pour lequel l'intégrale en fonction du temps de la pression acoustique au carré est égale à celle du son observé, dans l'intervalle de mesure.

$$L_{eq,T} \approx 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p(t)}{P_o} \right)^2 dt \right]$$

Dans laquelle :

$p^{(t)}$  est la pression acoustique instantanée

$P_o$  est la pression acoustique de référence (20  $\mu$ Pa)

$T = t_2 - t_1$  est l'intervalle de temps.

La détermination de la valeur  $L_{eq}$  se fait généralement par échantillonnage périodique du niveau pendant l'intervalle de temps spécifié et par combinaison numérique des échantillons (au moyen notamment d'un équipement de traitement numérique) selon l'équation suivante :

$$L_{eq,T} \approx 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right)$$

Dans laquelle  $L_i$  représente les niveaux observés à des espaces temporels inégaux pendant l'intervalle T. En l'absence d'autre qualificatif, la valeur  $L_{eq}$  désigne le niveau sonore à pondération A équivalent, parfois désigné  $L_{Aeq}$ .

**EMU (Unité multiple électrique)** : rame à unités multiples propulsée par traction électrique.

**Réponse rapide (désignée F après dB ou dBA au besoin)** : caractéristique spécifique de réponse dynamique d'un sonomètre ou de tout autre appareil indicateur qui est conforme à la norme ANSI S1.4 ou à la publication 651 de la CEI.

**Fréquence uniforme** : sensibilité uniforme d'un instrument sur une certaine gamme de fréquences.

*Note : L'information fournie par le fabricant décrit normalement les conditions acoustiques ou électriques et la gamme de fréquences pour lesquelles la sensibilité d'un instrument est uniforme dans des tolérances données.*

**Champ acoustique libre** : environnement dans lequel une onde sonore peut se propager dans toutes les directions sans obstruction ni réflexion. Les chambres anéchoïques peuvent produire un tel environnement dans des conditions contrôlées.

**Fréquence** : nombre d'oscillations complètes (ou cycles) par seconde d'une quantité qui varie périodiquement, p. ex. pression, déplacement ou tension. L'unité de mesure de la fréquence est le hertz (Hz).

**Sonomètre à usage général** : voir la définition du sonomètre.

**Hertz** : unité de fréquence dont l'abréviation est Hz. Équivaut au nombre de cycles par seconde.

**Bruit impulsif** : bruit caractérisé par une ou plusieurs crêtes aiguës et brèves dans le domaine temporel, comme le bruit produit par la manœuvre de trains, l'accouplement de voitures ou le martelage de métaux.

**Réponse impulsionnelle** : caractéristique spécifique de la réponse dynamique d'un sonomètre ou de tout autre appareil indicateur qui est conforme aux normes de l'ANSI ou de la CEI.

**Niveau de bruit impulsif** : niveau d'un bruit impulsif tel qu'il est mesuré par un sonomètre à impulsions, fonctionnant en mode de réponse impulsionnelle.

**Sonomètre à impulsions** : sonomètre dont la réponse impulsionnelle est conforme aux normes de l'ANSI ou de la CEI.

**Perte d'insertion, IL (d'un silencieux ou autre élément insonorisant, à une bande de fréquences donnée)** : affaiblissement du niveau de puissance acoustique mesuré au point où se trouve le récepteur, lorsqu'un isolateur ou atténuateur acoustique est placé dans la voie de transmission entre la source et le récepteur.

**Sonomètre intégrateur** : sonomètre capable de mesurer le niveau de pression acoustique équivalent.

**Isolateur** : mécanisme d'amortissement qui est intégré à un montage ou à un système afin d'empêcher les vibrations produites par une structure de traverser cette structure.

**Joint (ou joint de rail)** : connexion entre deux longueurs de rail, souvent maintenue en place au moyen de boulons ou de plaques d'acier spéciales (éclisses).

**Ldn (Niveau moyen jour-nuit) (Descripteur davantage utilisé aux États-Unis mais employé dans certaines parties du Canada pour des évaluations environnementales)** : moyenne des niveaux sonores à pondération A équivalents pendant une journée de 24 heures, après addition de 10 décibels aux niveaux sonores qui se produisent pendant la nuit, soit de 22 h à 7 h.

*Note : les valeurs CNEL et Ldn représentent la moyenne annuelle ou quotidienne des niveaux quotidiens d'exposition au bruit, tandis que la valeur Leq représente l'équivalent*

*énergétique de l'exposition au bruit pour une période de temps plus brève, habituellement une heure.*

**Réduction de niveau, LR** : dans une bande de fréquences donnée, réduction du niveau de pression acoustique, mesurée au point de réception, lorsqu'une barrière ou tout autre élément réducteur du son est placé entre la source et le récepteur.

**Pondération linéaire (parfois appelée fréquence uniforme)** : facteur de pondération parfois représenté par l'unité dBZ ou dBF (voir fréquence uniforme).

**Cellule de charge** : dispositif extérieur à une locomotive qui présente une grande résistance électrique et qui sert dans les essais d'une locomotive pour simuler la charge du moteur pendant que la locomotive reste en place. (L'énergie électrique produite par le groupe électrogène diesel est dissipée dans les résistances de la cellule de charge plutôt que d'être appliquée aux moteurs de traction).

**Locomotive** : véhicule à moteur qui sert à tirer ou propulser un train de voitures ou de wagons (par opposition à une rame automotrice).

**Bruit à basse fréquence (LFN)** : Bruit dont la fréquence se situe entre 16 et 63 Hz (selon ANSI ou selon d'autres sources entre 20 et 150 Hz) et dont le niveau est supérieur à 70 dB

**Niveau sonore maximum, Lmax** : relevé instantané le plus élevé d'un sonomètre pendant une certaine période de temps. Le symbole du niveau sonore maximum à pondération A est Lmax ou LAmx. Selon l'application, cette valeur peut être mesurée en utilisant la réponse lente ou rapide du sonomètre (il ne faut pas confondre la valeur Lmax avec la valeur de crête d'un signal sonore car cette dernière est liée à la réponse du sonomètre).

**Période de mesure** : période de temps continue pendant laquelle se fait l'évaluation du bruit produit par l'exploitation d'une gare ferroviaire. Les heures de début et de fin de cette période peuvent être sélectionnées avant ou après les mesures et la présentation d'un rapport (dans certains cas, la période de mesure peut se composer de plusieurs périodes de temps, notamment lorsque la période de mesure est le temps total *écoulé* pour lequel les sources étrangères ont été exclues des résultats).

**Micropascal (1 pascal est égal à 1 000 000 de micropascals)** : Le pascal (symbole Pa) est l'unité SI de pression; il équivaut à un newton par mètre carré.

**Son à bande étroite** : son qui est concentré dans une petite gamme de fréquences.

**Réduction du bruit (NR)**: Différence en pression acoustique entre deux points quelconques sur le trajet de propagation du son. Par exemple, on emploie le terme de réduction du bruit pour décrire la différence entre les niveaux de pression acoustique à l'intérieur et à l'extérieur d'une enceinte.

**Récepteur sensible au bruit (récepteur)** : toute zone de terrain sensible au bruit qui doit être considérée dans l'évaluation. Les récepteurs peuvent comprendre des espaces extérieurs ou des espaces intérieurs dans des résidences permanentes, écoles, hôpitaux, garderies, résidences pour aînés et autres bâtiments.

**Bandes d'octave** : bandes de fréquences dans lesquelles la limite supérieure de chaque bande est le double de la limite inférieure. Les bandes d'octave sont identifiées par leur fréquence moyenne géométrique ou par leur fréquence centrale.

**Bandes d'un tiers d'octave** : bandes de fréquences dans lesquelles chaque octave est divisée en tiers d'octave, dont la limite de fréquence supérieure est égale à  $2^*$  (1.26) fois la fréquence inférieure. Chaque bande est identifiée par sa fréquence moyenne géométrique.

**Octave** : intervalle entre deux fréquences dont le rapport nominal est égal à 2:1 (voir la norme ANSI S1.6).

*Note : Pour les mesures acoustiques, les fréquences privilégiées sont habituellement prises dans les séries 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 et 8000 Hz.*

**Aire d'agrément extérieure** : aire extérieure au niveau du sol qui est utilisée pour des activités de plein air. Le lieu choisi pour la mesure ou la modélisation est censé être à 3 mètres du mur de l'unité d'habitation et à 1,5 mètres au-dessus de la surface du sol. La cour avant d'une habitation ne peut être considérée comme aire d'agrément extérieure que si l'habitation fait partie de maisons spécialement conçues et si cet usage a été approuvé par la municipalité locale.

**Vitesse de crête d'une particule (PPV)** : vitesse instantanée maximum que subissent les particules dans un milieu en mouvement vibratoire.

*Note : la vitesse est une grandeur vectorielle qui est fréquemment décrite en termes de composantes orthogonales.*

**Pression acoustique de crête** : pression acoustique instantanée maximum pendant une perturbation acoustique.

**Détecteur de niveau de crête** : appareil capable d'indiquer la pression de crête qui se produit pendant une perturbation acoustique et d'exprimer cette quantité en décibels, en tant que niveau de pression acoustique conforme à la publication 651 de la CEI.

**Niveau sonore percentile ( $L_x$ )** : niveau sonore dépassé pendant x pour cent d'une période de temps spécifiée. Sauf indication contraire, la valeur  $L_x$  désigne généralement le niveau sonore à pondération A. Exemple :  $L_{10}$  est le niveau sonore dépassé pendant 10 pour cent de la période de temps spécifiée.

**Hauteur** : sensation auditive qui correspond à la fréquence d'un son.

**Sonomètre de précision** : voir sonomètre.

**Son pur** : son composé d'une seule fréquence et dont la pression acoustique fluctue conséquemment de façon sinusoïdale.

**Niveau de pression acoustique de crête LPK[nd]** : 10 fois le logarithme décimal du carré du rapport entre la valeur absolue la plus grande de la pression acoustique instantanée dans une bande de fréquences donnée pendant un intervalle de temps spécifié, et la pression acoustique de référence de 20 micropascals.

**Tonie** : terme subjectif qui désigne la fréquence perçue d'un son.

**Valeur quadratique moyenne (abréviation RMS ou rms)** : racine carrée de la moyenne arithmétique (moyenne) des carrés des valeurs originales (ou carré de la fonction qui définit la forme d'onde continue). Également appelée *moyenne quadratique*, qui est une mesure statistique de la grandeur d'une quantité variable, comme un son.

**Réflexion** : lorsque les surfaces sont grandes par rapport à la longueur d'onde du son incident, le son est réfléchi de façon semblable à la lumière, l'angle d'incidence étant égal à l'angle de réflexion.

**Réfraction** : courbure des ondes sonores qui se déplacent dans des milieux à couche où les vitesses du son sont différentes.

**Son** :

- a. Fluctuation en pression, déplacement de particules ou vitesse des particules qui se propagent dans un milieu quelconque; ou
- b. Sensation auditive que peut produire une telle fluctuation.

**Atténuation acoustique** : réduction de l'intensité d'un son pendant son déplacement de la source jusqu'au point de réception. L'absorption du son est un facteur fréquent d'atténuation, comme c'est le cas dans un conduit muni d'un revêtement intérieur. L'étalement sphérique et la diffusion sont d'autres facteurs d'atténuation.

**Niveau d'exposition au bruit (désigné LAE ou SEL)** : en décibels, 10 fois le logarithme décimal de l'intégrale en fonction du temps du carré de la pression acoustique à pondération A pendant une période de temps ou un événement donné, divisé par le carré de la pression acoustique de référence de 20 micropascals et par une durée de référence d'une seconde.

**Niveau sonore** : niveau de pression acoustique indiqué par un système de mesure (un sonomètre, notamment) dont la réponse dynamique et les caractéristiques de pondération sont conformes aux spécifications de la norme ANSI S1.4 ou de la norme 651 de la CEI. En l'absence d'autre qualificatif, ce terme désigne le niveau sonore à pondération A.

**Sonomètre (SLM)** : instrument composé d'un microphone, d'un amplificateur, d'un indicateur et de réseaux de pondération de fréquence qui est utilisé pour la mesure de niveaux sonores.

**Puissance acoustique ( $W$ )** : vitesse de circulation de l'énergie acoustique dans une bande de fréquences donnée, que ce soit de la source, à travers une aire ou dans un matériau absorbant.

**Niveau de puissance acoustique ( $L_W$ )** : dans le cas d'un son aérien, 10 fois le logarithme décimal du rapport entre la puissance acoustique mesurée et la puissance de référence standard de 1 pW. La grandeur ainsi obtenue est exprimée en décibels. En l'absence d'autre qualificatif, ce terme désigne le niveau de puissance acoustique à fréquence uniforme.

**Récepteur de bruit** : un ou plusieurs points d'observation où le bruit est évalué ou mesuré. L'effet du bruit sur une personne est habituellement évalué par des mesures près de l'oreille ou du corps.

**Ondes sonores** : les ondes sonores peuvent être comparées à des vagues dans l'eau. La fréquence détermine la longueur des vagues tandis que l'amplitude ou le volume en détermine la hauteur.

**Divergence sphérique** : dans un champ acoustique libre, distribution du son dans toutes les directions à partir d'une source ponctuelle.

**Son tonal** : son dominé par un ou plusieurs tons purs.

**Ton** : caractéristique du son qui produit la sensation auditive de hauteur.

**Vibration** : perturbation de déplacement, vitesse ou accélération dans un milieu solide.

**Isolement aux vibrations** : réduction au moyen d'un couplage résilient de la capacité d'un système à vibrer en réponse à une excitation mécanique.

**Volume** : synonyme familier de niveau sonore.

**Longueur d'onde** : distance que doit franchir une onde sonore pour compléter un cycle. Distance entre une crête d'une onde sinusoïdale et la crête suivante. Il est possible de calculer la longueur d'une onde sonore en divisant la vitesse du son par la fréquence (la vitesse du son au niveau de la mer est de 331,4 mètres/seconde ou 1 087,42 pieds/seconde).

## 5.0 Documents de référence

Alberta Energy Utilities Board (EUB). (2007). *Directive 38: Noise Control*. Accessible à l'adresse [www.ercb.ca](http://www.ercb.ca) (Note sur la disponibilité : L'EUB a été renommé Alberta Energy Resources Conservation Board (AERCB) mais le titre du document restera sous la désignation EUB jusqu'à ce qu'une révision soit faite.)

American National Standards Institute (ANSI), *Methods for Measurements of Impulse Noise* (ANSI S12.7-1986:R2006), Standards Secretariat Acoustical Society of America, 2006.

American National Standards Institute (ANSI), *Quantities and Procedures for Description and Measurement of Environmental Sound Part 4: Noise Assessment and Prediction of Long-Term Community Response* (ANSI S12.9-2005/Part 4) Standards Secretariat Acoustical Society of America, 2005.

American National Standards Institute (ANSI), *American National Standard Specification for Sound Level Meters*, (ANSI S1.4-1983:R2006). Standards Secretariat Acoustical Society of America, 2006.

American National Standards Institute (ANSI), *American National Standard Specifications for Integrating Averaging Sound Level Meters*, (ANSI S1.43-1997:R2007). Standards Secretariat Acoustical Society of America, 2007.

Arizona Department of Transportation (AZDOT), *Atmospheric Effects Associated with Highway Noise Propagation*, 2005. Accessible à l'adresse suivante : [http://www.azdot.gov/TPD/ATRC/publications/project\\_reports/PDF/AZ555/az555-Cover.pdf](http://www.azdot.gov/TPD/ATRC/publications/project_reports/PDF/AZ555/az555-Cover.pdf)

Site Web du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) : [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/noise\\_basic.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_basic.html), consulté le 29 décembre 2010.

Association canadienne de normalisation (CSA), *CAN/CSA-ISO 1996-1:05 (ISO 1996-1:2003) Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement – Partie 1 : grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation*, 2005.

Office des transports du Canada, Lignes directrices sur la résolution des plaintes relatives au bruit et aux vibrations ferroviaires, octobre 2008.

Commission électrotechnique internationale (CEI), 61260 Électroacoustique – Filtres à bande d'octave et à bande d'une fraction d'octave, 1995.

Commission électrotechnique internationale (CEI), 61672-1 Électroacoustique – Calibreurs acoustiques, 2002.

Commission électrotechnique internationale (CEI), 61672-1 Électroacoustique – Calibreurs acoustiques, 2003.

Organisation internationale de normalisation (ISO), 1996-2:2007, *Acoustique – Description, évaluation et mesurage du bruit de l'environnement – Partie 2 : Détermination des niveaux de bruit de l'environnement*.

- Organisation internationale de normalisation (ISO), 9613-2:1996, *Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l’air libre – Partie 2 : Méthode générale de calcul*.
- Ministère de l’Environnement de l’Ontario (MEO), Ontario Road Noise Analysis Method for Environment and Transportation (ORNAMENT), document technique, ISBN 0-7729-6376, 1989.
- Ministère de l’Environnement de l’Ontario (MEO), Sound from Trains Environmental Analysis Method (STEAM), ISBN 0-7729-6376-2, 1990.
- Association des chemins de fer du Canada et Fédération canadienne des municipalités (ACFC et FCM), Lignes directrices et meilleures pratiques, août 2007.
- Transports Canada (TC), Règlement d’exploitation ferroviaire du Canada, mars 2008, accessible à l’adresse <http://www.tc.gc.ca/eng/railsafety/rules-tco93.htm>.
- United States Environmental Protection Agency (EPA), *Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety* (Rapport n° 550/9-74-004), 1974.
- United States Federal Transit Administration (FTA). *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* (Rapport n° FTA-VA-90-1003-06). Rédigé par Harris, Miller, Miller et Hanson Inc. Burlington, Massachusetts, 2006. Accessible à l’adresse : [http://www.fta.dot.gov/documents/FTA\\_Noise\\_and\\_Vibration\\_Manual.pdf](http://www.fta.dot.gov/documents/FTA_Noise_and_Vibration_Manual.pdf)
- Organisation mondiale de la santé (OMS), Berglund, B., Lindvall, T. & Schwela, D.H (éditeurs). (1999). *Guidelines for Community Noise*. Accessible à l’adresse : <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>

## Annexe A – Méthode simplifiée d'estimation

Les objectifs de la méthode simplifiée d'estimation sont les suivants :

- contribuer à identifier les projets qui pourraient causer des problèmes de bruit;
- fournir aux parties une méthode simplifiée de calcul pour déterminer les impacts potentiels du bruit.

Les paragraphes qui suivent décrivent la méthode simplifiée de calcul. Chaque section se termine par un exemple. Il convient de souligner que l'Office ne considère pas comme absolues les prévisions de niveau sonore qui lui sont présentées. L'Office considère plutôt les résultats comme une partie intégrante du cas à l'étude.

Voici la liste des activités ferroviaires auxquelles s'applique la méthode simplifiée d'estimation :

### Liste des activités ferroviaires décrites dans l'Annexe A

- Passages de train
- Locomotives fonctionnant au ralenti
- Franchissement de liaisons
- Crissement de roues dans des courbes de la voie ferrée
- Sifflets de locomotive
- Bruit impulsif dû au classement ou à la manœuvre de voitures

### Passages de train

Les mesures du tableau ci-dessous sont basées sur les hypothèses suivantes :

- la distance entre la voie ferrée et le récepteur est de 30 mètres et la hauteur est de 1,5 mètres au-dessus du sol;
- les niveaux sonores sont ceux d'une locomotive diesel. Le facteur correctif à appliquer aux trains électriques est indiqué à la fin de la section;
- les rails sont soudés en continu et les voies ferrées sont en bon état;
- tout le trafic ferroviaire a lieu pendant le jour ou pendant la nuit;
- la prévision des niveaux sonores est basée sur les algorithmes du modèle prédictif STEAM. Pour un complément d'information sur ce modèle, veuillez vous reporter à la section 2.2.1 du document principal.

## Étape 1 : Niveau de bruit pour un seul passage de train

### Niveau de bruit estimé pour un seul passage de train

Nombre de trains par période de 24 h	Nombre de locomotives par train	Nombre de voitures par train	Vitesse du train, km/h	Niveaux sonores de référence L <sub>eq</sub> (16h)/L <sub>eq</sub> (8h) (dBA) *
1	1	2	80	40/43
1	1	4	80	43/46
1	1	10	80	47/50
1	1	2	100	41/44
1	2	4	100	44/47
1	3	10	100	49/51
1	1	50	60	52/55
1	2	100	60	55/58
1	3	150	60	57/60
1	1	50	70	53/56
1	2	100	70	56/59
1	3	150	70	58/61
1	1	50	80	54/57
1	2	100	80	57/60
1	3	150	80	59/62
1	1	50	90	54/57
1	2	100	90	57/60
1	3	150	90	59/62

Nombre de trains par période de 24 h	Nombre de locomotives par train	Nombre de voitures par train	Vitesse du train, km/h	Niveaux sonores de référence $L_{eq}(16h)/L_{eq}(8h)$ (dBA) *
1	1	50	100	55/58
1	2	100	100	58/61
1	3	150	100	60/63

Note: La valeur  $L_{eq}(16 h)$  va de 7 h à 23 h et la valeur  $L_{eq}(8 h)$  de 23 h à 7 h. Les niveaux sonores calculés supposent que tout le trafic se situe dans la période de 16 heures ou dans la période de 8 heures.

## Étape 2 : Facteur correctif pour plusieurs trains

Le tableau ci-dessous présente le facteur correctif à appliquer selon le nombre de trains. Les valeurs du tableau supposent que le bruit produit par tous les trains est égal.

### *Facteur correctif pour plusieurs trains*

Nombre de trains par période	Correction (en dB)
1	+ 0
2	+ 3
3	+ 5
4	+ 6
5	+ 7
6	+ 8
7	+ 8
8	+ 9
9	+ 10
10	+ 10
15	+ 12

20	+ 13
30	+ 15
40	+ 16

### Étape 3 : Facteur correctif pour les distances supérieures à 30 mètres

Le tableau ci-dessous présente le facteur correctif pour la distance. Ces valeurs sont basées sur la réduction d'une source linéaire infiniment longue, selon laquelle le niveau sonore baisse de 3 dB chaque fois que la distance par rapport à la source double. Les valeurs calculées pour les distances de plus de 100 à 150 mètres incluent l'effet de l'absorption par le sol.

#### *Facteur correctif selon la distance*

<b>Trains se déplaçant entre les gares (Source linéaire)</b>	
<b>Distance entre les récepteurs et la voie ferrée (m)</b>	<b>Réduction du niveau sonore (dB)</b>
30 *	0
40	- 1
50	- 2
60	- 3
70	- 4
80	- 5
90	- 6
100	- 7
150	- 10
200	- 12
250	- 13
300	- 14

<b>Trains se déplaçant entre les gares (Source linéaire)</b>	
<b>Distance entre les récepteurs et la voie ferrée (m)</b>	<b>Réduction du niveau sonore (dB)</b>
350	- 15
400	- 16
450	- 16
500	- 17

Note : \* Distance de référence.

#### **Étape 4 : Facteur correctif pour les locomotives électriques**

Les ouvrages scientifiques indiquent qu'il y a une forte corrélation entre le bruit émis par les trains électriques et la vitesse de déplacement des trains. Avec l'augmentation de la vitesse, le bruit dû au frottement des roues sur les rails devient la source dominante. En général, le bruit produit par les trains électriques est d'environ 2 à 3 dB inférieur à celui que produisent les trains diesel.

#### **Étape 5 : Résumé des résultats**

Décrire éventuellement les caractéristiques uniques du bruit, notamment bruit tonal, bruit impulsif ou bruit basse fréquence, qui pourraient influencer sur la perception du bruit ferroviaire par les récepteurs. Il se peut que l'Office applique un facteur correctif pour tenir compte de ces caractéristiques.

#### **Calcul du niveau sonore son estimé**

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{eq}(16h) / L_{eq}(8h)</math> (dBA)</b>
1	Niveau de bruit pour un seul passage de train	/
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	
3	Facteur correctif pour les distances	
4	Facteur correctif pour les locomotives électriques	
<b>Total :</b>		/

### **Exemple de calcul du bruit pour les passages de train**

Robert Leduc habite près d'une voie ferrée passante. Il souhaite évaluer les niveaux sonores que produisent les passages de train à l'extérieur de sa maison, en excluant le bruit des sifflets.

Selon Robert, il y a 10 trains diesel de marchandises qui passent près de sa maison pendant la nuit (de 23 h à 7 h). Chaque train se compose de deux locomotives et de 100 wagons et se déplace à une vitesse d'environ 60 km/h. La maison de Robert se situe à environ 100 mètres de la ligne médiane de la voie ferrée.

D'après les étapes 1 à 5 ci-dessus :

#### **Calcul du niveau sonore estimé**

Étape	Description	Niveau sonore (dBA)
1	Niveau de bruit pour un seul passage de train	58
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	+ 10
3	Facteur correctif pour les distances	- 7
4	Facteur correctif pour les locomotives électriques	0
Valeur totale $L_{eq}$ (8 h) :		61

Ainsi, le niveau sonore  $L_{eq}$  (8 h) à la maison de Robert s'élève à 61 dBA pendant la nuit.

### **Bruit de locomotive fonctionnant au ralenti**

Les valeurs du tableau ci-dessous sont basées sur les hypothèses suivantes :

- les niveaux sonores sont ceux que produit une locomotive diesel fonctionnant au ralenti (le facteur correctif pour les trains électriques est indiqué à la fin de la section);
- la locomotive est en bon état de marche.

Les valeurs du tableau sont basées sur la réduction d'une source ponctuelle, selon laquelle le niveau sonore baisse de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source double. Pour les distances qui dépassent 100 à 150 mètres, le calcul inclut l'effet de l'absorption par le sol.

## Étape 1 : Niveau sonore d'une seule locomotive diesel fonctionnant au ralenti

### Niveau sonore de référence d'une locomotive fonctionnant au ralenti

Distance par rapport à la locomotive (m)	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance par rapport à la locomotive (m)	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance par rapport à la locomotive (m)	Niveau sonore de référence (dBA)
15	73	55	62	95	54
20	70	60	61	100	54
25	69	65	59	150	49
30	67	70	58	200	46
35	66	75	57	250	44
40	64	80	56	300	42
45	63	85	56		
50	62	90	55		

(Ces valeurs sont basées sur un niveau de puissance acoustique  $L_w = 107$  dBA.)

## Étape 2 : Facteur correctif pour plusieurs locomotives

Le tableau ci-dessous présente le facteur correctif à appliquer selon le nombre de locomotives. Les valeurs du tableau sont basées sur les hypothèses suivantes :

- toutes les locomotives considérées produisent le même niveau sonore;
- la distance entre chaque locomotive et le récepteur est égale.

**Facteur correctif selon le nombre de locomotives**

Nombre de locomotives	Correction (en dB)
1	0
2	+ 3
3	+ 5
4	+ 6
5	+ 7
6	+ 8
7	+ 8
8	+ 9
9	+ 10
10	+ 10

**Étape 3 : Facteur correctif pour le temps**

L'étape 3 doit être ignorée pour le calcul de la valeur  $L_{\max}$ .

**Facteur correctif pour le temps de fonctionnement au ralenti**

Temps de fonctionnement au ralenti en minutes par heure (minutes)	Correction (dB)
60	0
50	- 1
40	- 2
30	- 3
25	- 4
20	- 5
15	- 6

Temps de fonctionnement au ralenti en minutes par heure (minutes)	Correction (dB)
10	- 8
7	- 9
6	- 10
5	- 11
4	- 12
3	- 13
2	- 15
1	- 18

#### Étape 4 : Facteur correctif pour la présence d'obstacles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs correctifs pour différents obstacles. Si plusieurs facteurs pourraient être appliqués, il faut appliquer uniquement le facteur le plus élevé.

##### *Facteur correctif pour différents obstacles*

Structure/ouvrage antibruit	Correction (dB)
Structure massive en hauteur qui interrompt la ligne visuelle vers la locomotive	- 15
Structure de deux étages qui se prolonge au-delà de la source de bruit	- 10
Ouvrage antibruit qui équivaut à une structure de 2 à 4 étages de hauteur et qui interrompt la ligne visuelle vers les récepteurs	- 7
Ouvrage antibruit qui interrompt tout juste la ligne visuelle vers la locomotive	- 5

### Étape 5 : Facteur correctif pour une locomotive électrique fonctionnant au ralenti

Selon les données disponibles sur le bruit que produisent les locomotives électriques fonctionnant au ralenti, il semble que les niveaux sonores soient d'environ 5 dB ou plus inférieurs à ceux que produisent des locomotives diesel ou diesel-électriques.

### Étape 6 : Résumé des résultats

Décrire éventuellement les caractéristiques uniques du bruit, notamment bruit à basse fréquence ou vibration des éléments du bâtiment, qui peuvent influencer la perception du bruit ferroviaire par les récepteurs. Il se peut que l'Office applique un facteur correctif pour tenir compte de ces caractéristiques.

#### *Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif*

Étape	Description	Niveau sonore $L_{eq}(1h)$ (dBA)
1	Niveau sonore d'une seule locomotive diesel fonctionnant au ralenti	
2	Facteur correctif pour plusieurs locomotives	
3	Facteur correctif pour le temps	
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
5	Facteur correctif pour une locomotive électrique	
Total :		

#### *Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif*

Étape	Description	Niveau sonore $L_{max}$ (dBA)
1	Niveau sonore pour une seule locomotive diesel fonctionnant au ralenti	
2	Facteur correctif pour plusieurs locomotives	
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

### Exemple de calcul du bruit pour des locomotives fonctionnant au ralenti

Robert Leduc habite à côté d'une cour de triage. Aux premières heures du jour, les locomotives de deux trains de marchandises fonctionnent au ralenti pendant 40 minutes avant de quitter pour la journée. Robert souhaite évaluer les niveaux sonores que produisent les trains fonctionnant au ralenti à l'extérieur de sa maison.

Dans la cour de triage, les locomotives se trouvent l'une à côté de l'autre. Les trains sont à une distance d'environ 100 mètres de la maison de Robert et il y a entre les deux un ouvrage antibruit en béton, d'une hauteur de 3 étages au-dessus du sol. Cet ouvrage bloque la ligne visuelle vers la cour de triage.

#### Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif

Étape	Description	Niveau sonore $L_{eq}(1h)$ (dBA)
1	Niveau sonore d'une seule locomotive diesel fonctionnant au ralenti	54
2	Facteur correctif pour plusieurs locomotives	+ 3
3	Facteur correctif pour le temps	- 2
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 7
5	Facteur correctif pour une locomotive électrique	0
Total :		48

#### Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif

Étape	Description	Niveau sonore $L_{max}$ (dBA)
1	Niveau sonore pour une seule locomotive diesel fonctionnant au ralenti	54
2	Facteur correctif pour plusieurs locomotives	+ 3
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 7
Total :		50

Ainsi, les niveaux sonores  $L_{eq}(1h)$  et  $L_{max}$  que produit le fonctionnement au ralenti des locomotives à la maison de Robert s'élèvent respectivement à 48 dBA et 50 dBA.

## Bruit du franchissement de liaisons ferroviaires

Lorsqu'un train franchit une liaison ferroviaire, l'interaction entre les roues d'acier et le rail produit un bruit en deux temps (badong), qui peut parfois dépasser le bruit produit par la voie tangentielle.



### Étape 1 : Niveau sonore du franchissement d'une liaison

Le tableau ci-dessous est basé sur la réduction d'une source ponctuelle, selon laquelle le bruit baisse de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source double. Les valeurs des distances qui dépassent 100 à 150 mètres incluent l'effet de l'absorption par le sol. L'étape 4 contient un facteur permettant de calculer la valeur  $L_{max}$ .

### Niveaux sonores de référence pour le bruit de franchissement de liaisons ferroviaires

Distance des liaisons (m)	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance des liaisons (m)	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance des liaisons (m)	Niveau sonore de référence (dBA)
15	64	55	53	95	45
20	61	60	52	100	45
25	60	65	50	150	40
30	58	70	49	200	37
35	57	75	48	250	35
40	55	80	47	300	33
45	54	85	47		
50	53	90	46		

(Lorsque  $L_w = 98$  dBA)

## Étape 2 : Facteur correctif pour plusieurs trains

Le tableau ci-dessous donne le facteur correctif pour le nombre de trains. Les valeurs de ce tableau sont basées sur les hypothèses suivantes :

- tous les trains considérés ont les mêmes configurations, notamment le même nombre de locomotives et de voitures;
- les trains se déplacent à la même vitesse.

### *Facteur correctif pour plusieurs trains*

Nombre de passages de train à l'heure	Correction (dB)
1	0
2	+ 3
3	+ 5
4	+ 6
5	+ 7
6	+ 8
7	+ 8
8	+ 9
9	+ 10
10	+ 10
10	+ 10
15	+ 12
20	+ 13
25	+ 14
30	+ 15

### Étape 3 : Facteur correctif pour la présence d'obstacles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs correctifs pour différents obstacles. Lorsque plus d'un facteur pourrait être appliqué, il faut appliquer uniquement le facteur le plus élevé.

#### *Facteur correctif pour différents obstacles*

Structure/ouvrage antibruit	Correction (dB)
Structure massive en hauteur qui interrompt la ligne visuelle vers la locomotive	- 15
Structure de deux étages qui se prolonge au-delà de la source de bruit	- 10
Ouvrage antibruit qui équivaut à une structure de 2 à 4 étages de hauteur et qui interrompt la ligne visuelle vers les récepteurs	- 7
Ouvrage antibruit qui interrompt tout juste la ligne visuelle vers la locomotive	- 5

### Étape 4 : Résumé des résultats

#### *Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif*

Étape	Description	Niveau sonore $L_{eq}(1h)$ (dBA)
1	Niveau sonore d'un seul train franchissant la liaison	
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

### **Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif**

Étape	Description	Niveau sonore $L_{MAX}$ (dBA)
1	Niveau sonore d'un seul train franchissant la liaison	
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
4	Facteur correctif pour l'estimation de la valeur $L_{max}$	+ 26
Total :		

### **Exemple de calcul du bruit produit par les liaisons**

Robert Leduc habite à côté d'une voie ferrée passante. La compagnie de chemin de fer vient d'installer une nouvelle liaison sur la voie. Robert souhaite évaluer les niveaux sonores que produit à l'extérieur de sa maison la nouvelle liaison.

Deux trains diesel de marchandises passent pendant l'heure de pointe de la journée. La maison de Robert se trouve à environ 100 mètres de la liaison et il y a un gros immeuble commercial de deux étages entre la voie ferrée et la maison de Robert. L'immeuble commercial interrompt la ligne visuelle entre la maison de Robert et la liaison ferroviaire.

### **Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif**

Étape	Description	Niveau sonore $L_{max}$ (dBA)
1	Niveau sonore d'un seul train franchissant la liaison	45
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	+ 3
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 10
Total :		38

### Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif :

Étape	Description	Niveau sonore $L_{max}$ (dBA)
1	Niveau sonore d'un seul train franchissant la liaison	45
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 10
4	Facteur correctif pour l'estimation de la valeur $L_{max}$	+ 26
Total :		61

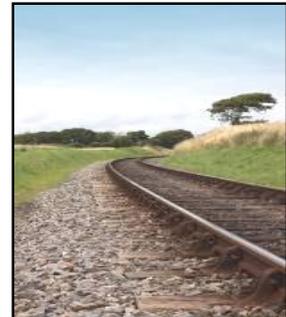
Selon ces calculs, les niveaux sonores  $L_{eq}(1h)$  et  $L_{max}$  à la maison de Robert s'élèvent respectivement à 38 dBA et 61 dBA en raison de la nouvelle liaison.

### Crissement de roues dans les courbes d'une voie ferrée

Dans les courbes d'une voie ferrée, le frottement des roues d'acier sur le rail produit des crissements. Ce bruit peut être particulièrement désagréable en raison de sa nature tonale.

Les valeurs du tableau ci-dessous sont basées sur la réduction d'une source ponctuelle, selon laquelle le niveau sonore baisse de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source double.

Les valeurs des distances qui dépassent 100 à 150 mètres incluent l'effet de l'absorption par le sol.



## Étape 1 : Niveau sonore de référence du crissement des roues

Niveaux sonores de référence du crissement des roues

Distance jusqu'au point le plus proche de la courbe, m	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance jusqu'au point le plus proche de la courbe, m	Niveau sonore de référence (dBA)	Distance jusqu'au point le plus proche de la courbe, m	Niveau sonore de référence (dBA)
15	100	55	89	95	81
20	97	60	88	100	81
25	96	65	86	150	76
30	94	70	85	200	69
35	93	75	84	250	71
40	91	80	83	300	69
45	90	85	83		
50	89	90	82		

(Lorsque  $L_w = 134$  dBA)

## Étape 2 : Facteur correctif pour plusieurs trains

Le tableau ci-dessous présente le facteur correctif pour le nombre de trains. Ces valeurs sont basées sur les hypothèses suivantes :

- tous les trains considérés ont les mêmes configurations, notamment le même nombre de locomotives et de voitures;
- les trains se déplacent à la même vitesse.

**Facteur correctif pour plusieurs trains à l'heure**

Nombre de passages de train à l'heure	Correction (dB)
1	0
2	+ 3
3	+ 5
4	+ 6
5	+ 7
6	+ 8
7	+ 8
8	+ 9
9	+ 10
10	+ 10
10	+ 10
15	+ 12
20	+ 13
25	+ 14
30	+ 15

### Étape 3 : Facteur correctif pour le temps

#### *Facteur correctif pour le temps*

Durée des passages en minutes par heure (minutes)	Correction (dB)
60	0
50	- 1
40	- 2
30	- 3
25	- 4
20	- 5
15	- 6
10	- 8
7	- 9
6	- 10
5	- 11
4	- 12
3	- 13
2	- 15
1	- 18

### Étape 4 : Facteur correctif pour la présence d'obstacles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs correctifs pour différents obstacles. Lorsque plus d'un facteur pourrait être appliqué, il faut appliquer uniquement le facteur le plus élevé.

### ***Facteur correctif pour différents obstacles***

<b>Structure/ouvrage antibruit</b>	<b>Correction (dB)</b>
Structure massive en hauteur qui interrompt la ligne visuelle vers la locomotive	- 15
Structure de deux étages qui se prolonge au-delà de la source de bruit	- 10
Ouvrage antibruit qui équivaut à une structure de 2 à 4 étages de hauteur et qui interrompt la ligne visuelle vers les récepteurs	- 7
Ouvrage antibruit qui interrompt tout juste la ligne visuelle vers la locomotive	- 5

### **Étape 5 : Résumé des résultats**

Décrire les caractéristiques uniques du bruit, notamment bruit tonal, qui peuvent influencer sur la perception de ce bruit par les récepteurs. Il se peut que l'Office applique un facteur correctif pour tenir compte de ces caractéristiques.

### ***Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif***

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{eq}(1h)</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence du crissement des roues	
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	
3	Facteur correctif pour le temps	
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

### **Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif**

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{max}</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence du crissement des roues	
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

### **Exemple de calcul du crissement des roues dans les courbes d'une voie ferrée**

Robert Leduc habite à côté d'une voie ferrée passante. La section de la voie la plus proche de sa maison est en courbe. Dans le cas le plus défavorable, il y a cinq passages de trains à l'heure, dont chacun produit des crissements de roues très désagréables. Le passage des cinq trains à côté de la maison de Robert dure 10 minutes. Robert souhaite évaluer les niveaux sonores des crissements de roues à l'extérieur de sa maison. La maison de Robert se trouve à environ 100 mètres de la ligne médiane de la voie ferrée.

### **Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif**

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{eq}(1h)</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence du crissement des roues	81
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	+ 7
3	Facteur correctif pour le temps	- 8
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	0
Total :		80

### **Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif**

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{max}</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence du crissement des roues	81
4	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	0
Total :		81

Selon ces calculs, les niveaux sonores  $L_{eq}(1h)$  et  $L_{max}$  à la maison de Robert qui résultent du crissement des roues s'élèvent respectivement à 80 dBA et 81 dBA.

### **Bruit de sifflet des locomotives**

Lorsqu'une voie ferrée traverse une route à un passage à niveau, le règlement de sécurité du gouvernement fédéral exige que le sifflet de la locomotive soit utilisé pour prévenir de l'approche d'un train.

Les valeurs du tableau ci-dessous sont basées sur la réduction d'une source ponctuelle, selon laquelle le niveau sonore baisse de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source double. Les valeurs calculées pour les distances dépassant 100 à 150 mètres incluent l'effet de l'absorption par le sol. L'étape 4 contient un facteur correctif pour l'estimation de la valeur  $L_{max}$ .

## Étape 1 : Niveau sonore de référence des sifflements de train

### Niveau sonore de référence des sifflements de train

Distance par rapport à la voie ferrée, m	Niveau sonore de référence du sifflet, dBA	Distance par rapport à la voie ferrée, m	Niveau sonore de référence du sifflet, dBA	Distance par rapport à la voie ferrée, m	Niveau sonore de référence du sifflet, dBA
15	77	55	66	95	58
20	74	60	65	100	58
25	73	65	65	150	53
30	71	70	62	200	50
35	70	75	61	250	48
40	68	80	60	300	46
45	67	85	60		
50	66	90	59		

(Lorsque  $L_w = 111$  dBA)

## Étape 2 : Facteur correctif pour plusieurs passages de train

Le tableau ci-dessous présente le facteur correctif à appliquer pour le nombre de passages de train à l'heure. Ces valeurs sont basées sur l'hypothèse selon laquelle tous les trains considérés ont les mêmes caractéristiques.

### Facteur correctif pour plusieurs passages de trains

Nombre de passages de train à l'heure	Correction, dB
1	0
2	+3
3	+5
4	+6

Nombre de passages de train à l'heure	Correction, dB
5	+7
6	+8
7	+8
8	+9
9	+10
10	+10
10	+10
15	+12
20	+13
25	+14
30	+15

### Étape 3 : Facteur correctif pour la présence d'obstacles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs correctifs pour différents obstacles. Lorsque plus d'un facteur pourrait être appliqué, il faut appliquer uniquement le facteur le plus élevé.

### ***Facteur correctif pour différents obstacles***

<b>Structure/ouvrage antibruit</b>	<b>Correction (dB)</b>
Structure massive en hauteur qui interrompt la ligne visuelle vers la locomotive	- 15
Structure de deux étages qui se prolonge au-delà de la source de bruit	- 10
Ouvrage antibruit qui équivaut à une structure de 2 à 4 étages de hauteur et qui interrompt la ligne visuelle vers les récepteurs	- 7
Ouvrage antibruit qui interrompt tout juste la ligne visuelle vers la locomotive	- 5

### **Étape 4 : Résumé des résultats**

#### ***Impact du niveau sonore $L_{eq}(1h)$ estimatif***

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{eq}(1h)</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence pour les sifflements de train	
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

**Impact du niveau sonore  $L_{max}$  estimatif**

Étape	Description	Niveau sonore $L_{max}$ (dBA)
1	Niveau sonore de référence pour les sifflements de train	
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
4	Facteur correctif pour l'estimation de la valeur $L_{max}$	+ 33
Total :		

**Exemple de calcul du bruit de sifflement des locomotives**

Robert Leduc habite à côté d'une voie ferrée passante. Il souhaite évaluer les niveaux sonores des sifflements de trains à l'extérieur de sa maison.

Selon Robert, il y a trois trains de marchandises qui passent près de sa maison entre 1 h et 2 h du matin. La maison de Robert se trouve à environ 100 m de la ligne médiane de la voie ferrée. Robert a construit lui-même une levée de terre entre sa maison et les voies ferrées. Cette levée de terre interrompt tout juste la ligne visuelle vers le lieu de passage des trains.

**Impact du niveau sonore  $L_{eq}(1h)$  estimatif**

Étape	Description	Niveau sonore $L_{eq}(1h)$ (dBA)
1	Niveau sonore de référence du sifflement des trains	58
2	Facteur correctif pour plusieurs trains	+ 5
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 5
Total :		58

### **Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif**

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore <math>L_{max}</math> (dBA)</b>
1	Niveau sonore de référence du sifflement des trains	58
3	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 5
4	Facteur correctif pour l'estimation de la valeur $L_{max}$	+ 33
Total :		86

Selon ces calculs, les niveaux sonores  $L_{eq}(1h)$  et  $L_{max}$  à la maison de Robert qui sont dus au sifflement des locomotives entre 1 h et 2 h s'élèvent respectivement à 58 dBA et 86 dBA.

### **Bruit impulsif dû à la manœuvre et au triage des voitures**

Les arrêts et départs de train, de même que la manœuvre et le triage des voitures créent des bruits impulsifs. Il est possible de mesurer indépendamment les bruits impulsifs sur le terrain et de les ajouter ensuite par conversion logarithmique.

#### **Étape 1 : Niveau sonore de référence du bruit impulsif**

Dans les données du tableau ci-dessous, le bruit impulsif est exprimé en unités dBAi. Il est permis d'employer d'autres descripteurs appropriés du bruit impulsif (p. ex.  $dBL_f$ ), en suivant les consignes de la section 1.4 du document principal.

**Niveau sonore de référence pour le bruit impulsif, dBAi**

Distance jusqu'à la voie ferrée (m)	Niveau sonore de référence (dBAi)	Distance jusqu'à la voie ferrée (m)	Niveau sonore de référence (dBAi)
50	85	90	80
55	84	95	79
60	83	100	78
65	83	150	72
70	82	200	69
75	81	250	67
80	81	300	65
85	80	400	62

(Lorsque  $L_w = 111$  dBA)

Il est possible d'utiliser le tableau ci-dessous plutôt que le précédent s'il est préférable de prévoir les niveaux de bruit impulsif en utilisant l'unité dBLf (dB non pondéré avec sonomètre en réponse rapide) :

### Niveau sonore de référence pour le bruit impulsif, dBZf

Distance jusqu'à la voie ferrée (m)	Niveau sonore de référence (dBZf)	Distance jusqu'à la voie ferrée (m)	Niveau sonore de référence (dBZf)
50	82	90	77
55	81	95	76
60	80	100	75
65	80	150	69
70	79	200	66
75	78	250	64
80	78	300	62
85	77	400	59

Les niveaux sonores ci-dessus se produisent lorsque l'accouplement des voitures se fait à une vitesse de 1 m/h. Il convient d'ajouter un facteur correctif approximatif de +3 dB pour chaque augmentation de 1 m/h de la vitesse d'accouplement.

### Étape 2 : Facteur correctif pour la présence d'obstacles

Le tableau ci-dessous présente les facteurs correctifs pour différents obstacles. Lorsque plus d'un facteur pourrait être appliqué, il faut appliquer uniquement le facteur le plus élevé.

### ***Facteur correctif pour obstacles***

<b>Structure/ouvrage antibruit</b>	<b>Correction (dB)</b>
Structure massive en hauteur qui interrompt la ligne visuelle vers la locomotive	- 15
Structure de deux étages qui se prolonge au-delà de la source de bruit	- 10
Ouvrage antibruit qui équivaut à une structure de 2 à 4 étages de hauteur et qui interrompt la ligne visuelle vers les récepteurs	- 7
Ouvrage antibruit qui interrompt tout juste la ligne visuelle vers la locomotive	- 5

### **Étape 3 : Résumé des résultats**

Décrire les caractéristiques uniques du bruit, en l'occurrence bruit impulsif, qui peuvent influencer sur la perception du bruit ferroviaire par les récepteurs. Il est possible que l'Office applique un facteur correctif pour tenir compte de ces caractéristiques.

### ***Impact du niveau sonore $L_{max}$ estimatif***

<b>Étape</b>	<b>Description</b>	<b>Niveau sonore (dBAi/dBZf)</b>
1	Niveau sonore de référence du bruit impulsif	
2	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	
Total :		

### ***Exemple de calcul du bruit de manœuvre des voitures***

Robert Leduc habite à côté d'une cour de triage. Il souhaite évaluer le niveau du bruit impulsif que produisent à l'extérieur de sa maison les activités de manœuvre des voitures.

La maison de Robert se trouve à environ 100 mètres de la ligne médiane de la voie ferrée. Sur le périmètre de la cour de triage, il y a un ouvrage antibruit dont la hauteur est d'environ 3 étages au-dessus du niveau du sol et qui bloque la ligne visuelle vers la cour de triage.

**Impact du niveau sonore  $L_{max}$  estimatif**

Étape	Description	Niveau sonore (dBAi/dBZf)
1	Niveau sonore de référence	78 / 75
2	Facteur correctif pour la présence d'obstacles	- 7
Total :		71 / 68

Selon ces calculs, les activités de manœuvre qui se déroulent dans la cour de triage produisent un niveau de bruit impulsif d'environ 71 dBA<sub>i</sub> ou 68

## **Annexe B – Suggestions pour la collecte des renseignements clés**

### **I. Données disponibles à l'administration des chemins de fer**

- Données sur l'exploitation des trains :
  - Nombre de trains qui passent pendant des périodes de temps spécifiées;
  - Vitesse prévue ou réelle des trains;
  - Type et composition des trains (voitures, locomotives, etc.).
- Type de voies ferrées dans le secteur d'intérêt (rails éclissés, soudés, etc.).
- Proximité de dispositifs d'aiguillage et de travaux spéciaux sur la voie.
- Activités des cours de triage (se limitent normalement à des données générales, auquel cas l'enquêteur peut avoir à réunir des données plus précises en faisant des observations en un certain nombre de points).
- Données sur les endroits et les heures où des sifflets de trains sont utilisés.

### **II. Données disponibles à l'administration de la municipalité locale**

- Carte d'utilisation des terres pour la zone d'intérêt (utilisation actuelle et future).
- Désignation spécifique de l'utilisation des terres et zonage.
- Données cartographiques d'un système d'information géographique (SIG), qui peuvent être sous forme de photos aériennes dont l'échelle est raisonnablement précise et qui montrent les limites des terrains.
- Dans certaines municipalités, les données cartographiques SIG montrent également les élévations sous forme de courbes de niveau ou de cotes et donnent le contour des immeubles et des habitations.
- Étude de bruit requise dans le cadre du processus de planification municipale.

### **III. Sources ouvertes d'information**

- Possibilité d'extraire sur Internet des photographies aériennes et des données cartographiques à des échelles raisonnablement précises et comprenant des élévations approximatives.
- Possibilité d'extraire sur Internet des photographies et des vues de rues et d'immeubles.

#### **IV. Observations sur le terrain**

- Observation des conditions du terrain.
- Observation des données réelles d'exploitation des chemins de fer.
- Autres données qui peuvent être utiles pour la modélisation du bruit et pour la description des sources de bruit préoccupantes.
- Information spécifique sur les caractéristiques des points de réception, notamment la présence d'ouvrage antibruit (levée de terre, mur ...), le type d'habitation ou d'immeuble (ouvrage à charpente légère ou parement de brique) et la hauteur des immeubles. S'il y a des ouvrages antibruit dans le voisinage, il est probable que la municipalité ait fait une étude de bruit.

## Annexe C – Exemples de disposition des tableaux à présenter dans l’analyse

Les tableaux ci-dessous sont des exemples qui montrent comment l’information clé de l’évaluation peut être présentée dans le rapport. L’information devrait être claire, bien structurée et suffisamment détaillée. Les hypothèses de modélisation et les facteurs correctifs devraient être clairement énoncés dans le rapport, et des exemples de calcul devraient être inclus pour démontrer la validité des résultats.

### Exemple – Premier tableau de modélisation

Type de train	Période	Nombre de trains par période	Durée de la période (heures)	Loco. par train	Voitures par train	Vitesse du train (km/h)	Hauteur du récepteur (m)	Distance source-récepteur (m)	Rail soudé	Sol ferme ou mou	Correction pour les caractéristiques de la source *	Niveau sonore prévu (dBA)
Marchandises												
Marchandises												
Voyageurs												
Voyageurs												

Note : \* Les facteurs correctifs pour les caractéristiques du son doivent être extraits de la norme ANSI (2005) ou ISO 1996-1:2003. Voir en particulier l’annexe D de la norme ISO 1996-1:2003. Le spécialiste de l’acoustique doit faire preuve de jugement professionnel dans l’application de ces facteurs et doit clairement en justifier l’usage.

### Exemple – Deuxième tableau de modélisation

Type de train	Période*	Temps de fonctionnement au ralenti	Loco. par train	Voitures par train	Hauteur du récepteur (m)	Distance Source-récepteur (m)	Sol ferme ou mou	Correction pour la caractéristique basse fréquence* de la source	Niveau sonore prévu (dBA)
Marchandises 1									
Marchandises 2									

Note : \* Les facteurs correctifs pour les caractéristiques du son doivent être extraits de la norme ANSI (2005). Le spécialiste de l'acoustique doit faire preuve de jugement professionnel dans l'application de ces facteurs et doit clairement en justifier l'usage.

### Exemple: tableau de mesures de bruit prises sur le terrain

#### 1<sup>e</sup> exemple de tableau de mesures de bruit prises sur le terrain

Temps (du jour ou de la nuit)	Type de train	No. de locomotives	No. de wagons	Vitesse du train (km/h)	L'environnement de bruit ambiant <sup>1,2</sup>	Conditions météorologiques <sup>1,2</sup>

#### Notes:

[1] Excluant la source de bruit mesuré

[2] Lors de la prise de mesure

**2<sup>e</sup> exemple de tableau de mesures de bruit prises sur le terrain**

Temps (du jour ou de la nuit)	Type de train	No. de locomotives	Durée de la marche au ralenti	L'environnement de bruit ambiant <sup>1,2</sup>	Conditions météorologiques <sup>1,2</sup>

**Notes:**

[1] Excluant la source de bruit mesuré

[2] Lors de la prise de mesuré

## Annexe D – Facteurs correctifs pour les caractéristiques du son

Le tableau ci-dessous donne la liste des facteurs correctifs extraits de la norme ISO 1996-1:2003 (CSA 2005). Ces facteurs peuvent être appliqués à des mesures ou des prévisions des niveaux sonores jour-nuit au point de réception du bruit. Ils ne devraient être appliqués que si la caractéristique impulsive ou tonale du son est audible au point de réception. Le spécialiste de l'acoustique doit faire preuve de jugement professionnel dans l'application de ces facteurs et en justifier clairement l'usage.

Exemple de facteur correctif pour les niveaux sonores jour-nuit

Caractéristique	Facteur correctif à ajouter au niveau sonore jour-nuit (en dB)
Bruit impulsif régulier <sup>[1]</sup>	+ 5
Bruit hautement impulsif <sup>[2]</sup>	+ 12
Tons marquants	+ 3 à + 6

### Notes :

[1] L'ISO définit les sources de bruit impulsif régulier comme étant des sources qui ne sont ni hautement impulsives ni impulsives à haute énergie.

Les exemples comprennent le claquement d'une porte de voiture et le bruit d'un aéronef militaire qui vole bas.

[2] L'ISO définit une source de son hautement impulsif comme toute source qui possède des caractéristiques élevées d'impulsivité et qui est particulièrement perturbatrice.

Les exemples comprennent les activités de manœuvre des voitures dans les gares de triage et le battage de pieux.