
**Vibrations mécaniques — Vibrations
et bruits initiés au sol dus à des lignes
ferroviaires —**

**Partie 1:
Directives générales**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from
rail systems —
Part 1. General guidance*
(standards.iteh.ai)

[ISO 14837-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14837-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application.....	1
2 Références normatives.....	1
3 Termes et définitions.....	2
4 Aperçu général des vibrations et du bruit transmis par le sol.....	3
4.1 Cas intéressants.....	3
4.2 Source de vibrations et de bruit transmis par le sol.....	4
4.3 Propagation.....	8
4.4 Récepteur.....	9
5 Effets des vibrations et du bruit transmis par le sol.....	9
5.1 Généralités.....	9
5.2 Perception des vibrations transmises par le sol (1 Hz à 80 Hz).....	9
5.3 Perception du bruit transmis par le sol (16 Hz à 250 Hz).....	10
5.4 Effet sur les bâtiments (1 Hz à 500 Hz).....	10
5.5 Effet sur des équipements très sensibles et tâches sensibles (environ 1 Hz à 200 Hz).....	10
6 Grandeurs métriques.....	11
6.1 Généralités.....	11
6.2 Perception des vibrations transmises par le sol.....	11
6.3 Perception du bruit transmis par le sol.....	12
6.4 Effets sur les bâtiments.....	12
6.5 Effets sur des équipements très sensibles.....	12
7 Mesurages des bruits et vibrations transmis par le sol.....	13
7.1 Équipement (Chaîne d'instrumentation).....	13
7.2 Emplacement des mesurages.....	14
7.3 Acquisition des données.....	14
7.4 Analyses des données.....	14
7.5 Rapport de mesure.....	15
8 Concept de modèles.....	15
8.1 Développement de modèles.....	15
8.2 Étapes d'évaluation.....	16
9 Modèles prédictibles.....	22
9.1 Généralités.....	22
9.2 Modèles paramétriques.....	22
9.3 Modèles empiriques.....	24
9.4 Modèles semi-empiriques.....	26
10 Développement, étalonnage, validation et vérification.....	26
Annexe A (normative) Liste de contrôle des points pertinents pour la modélisation et le mesurage.....	28
Annexe B (informative) Atténuation des vibrations et bruits transmis par le sol.....	34
Annexe C (informative) Processus et outils de développement, d'étalonnage, de validation et de vérification.....	42
Bibliographie.....	48

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 14837-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

L'ISO 14837 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations mécaniques — Vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires*:

— *Partie 1: Directives générales*

Les parties suivantes sont en cours d'élaboration:

— *Partie 2: Modèles prédictibles*

— *Partie 3: Mesurage*

— *Partie 4: Critères d'évaluation*

— *Partie 5: Mesures d'atténuation*

— *Partie 6: Gestion des actifs*

Introduction

De nombreux systèmes de transport terrestre, si ce n'est tous, peuvent donner lieu à des vibrations et à des bruits transmis par le sol. Les chemins de fer sont de loin la source la plus commune et la plus significative, du fait du roulement des roues en acier sur des rails en acier.

Tous les types de lignes ferroviaires génèrent des vibrations et/ou des bruits transmis par le sol, qui (notamment dans les agglomérations) peuvent avoir des impacts environnementaux indésirables. Une évaluation des vibrations probables transmises par le sol et de la réaction des structures à différentes distances de la source, peut être nécessaire. Cette exigence peut résulter d'objectifs de planification lorsque

- a) il est proposé de construire une nouvelle ligne ferroviaire ou d'étendre une ligne ferroviaire existante ou encore de construire de nouveaux bâtiments ou de modifier les bâtiments existants,
- b) il est proposé des modifications des caractéristiques dynamiques de la voie ou des trains,
- c) il est proposé une modification de l'exploitation des trains (par exemple modification de la longueur totale, de la vitesse, des horaires de service), ou
- d) cela apporte une aide à l'évaluation des mesures d'atténuation des vibrations.

La prédiction correcte des vibrations et/ou des bruits transmis par le sol est la première des deux exigences essentielles pour l'évaluation des effets des vibrations de lignes ferroviaires nouvelles ou modifiées sur des bâtiments existants ou sur de nouveaux bâtiments à construire à proximité ou au-dessus des lignes ferroviaires existantes. La seconde exigence pour toute évaluation est constituée par les critères (et/ou valeurs limites) des vibrations et/ou des bruits transmis par le sol dans le bâtiment récepteur. Les critères et les valeurs limites sont cependant couvertes par des Normes nationales ainsi que d'autres Normes internationales.

La prédiction des vibrations et/ou des bruits transmis par le sol par des lignes ferroviaires est un domaine technique complexe et en pleine évolution. La présente partie de l'ISO 14837 fournit des lignes directrices sur les éléments essentiels à prendre en compte pour le développement de modèles prédictibles afin de s'assurer de leur adéquation et de la cohérence de l'approche mise en œuvre.

Les directives portent sur l'étalonnage et la validation d'un modèle ainsi que sur la vérification de sa mise en œuvre, étapes primordiales pour la quantification et l'amélioration de l'exactitude du modèle.

Le Tableau 1 présente les grandes lignes des étapes à suivre pour des lignes ferroviaires nouvelles ou modifiées ainsi que pour des projets de construction à proximité de lignes ferroviaires. La présente partie de l'ISO 14837 fournit une introduction et des directives générales. Les éléments détaillés seront traités dans les futures parties dont les titres sont donnés dans l'Avant-propos.

Tableau 1 — Grandes lignes des étapes et des parties correspondantes de l'ISO 14837

<p>1. Approche dépendant de:</p> <p>Nouvelle construction, rénovation ou développement adjacent (Partie 1)</p> <p>Étape de conception (concept, préliminaire, détaillée) (Partie 1)</p>
<p>2. Critères d'évaluation</p> <p>Utiliser les normes nationales et/ou la Partie 4</p> <p>Définir le(s) lieu(x) d'évaluation et la/les grandeur(s) métrique(s)</p>
<p>3. Paramètres affectant la situation</p> <p>Identifier les paramètres pertinents (vérifier la liste dans la Partie 1)</p> <p>Collecter les valeurs des paramètres</p>
<p>4. Mesurages</p> <p>Acquérir les informations spécifiques au site en utilisant la(les) grandeur(s) métrique(s) définie(s) par des critères (Partie 3 et Partie 4)</p> <p>Évaluer des paramètres du modèle</p> <p>Développer et/ou valider un modèle prédictible</p> <p>Évaluer les performances des mesures d'atténuation</p>
<p>5. Prédiction</p> <p>Utiliser les grandeurs métriques mesurées définies par des critères (Partie 4)</p> <p>Utiliser le modèle approprié au cours de l'étape de conception (Partie 1 et Partie 2)</p> <p>Assurer la validation et définir l'exactitude (Partie 1)</p>
<p>6. Évaluation</p> <p>Comparer les prédictions au vu des critères</p> <p>Identifier la(les) raison(s) de dépassement des critères</p>
<p>7. Mesures d'atténuation</p> <p>Identifier les options en matière d'atténuation (Partie 1, Partie 5 et Partie 6)</p> <p>Évaluer si les options d'atténuation sont raisonnables et réalisables</p> <p>Effectuer l'analyse coût/bénéfice</p>
<p>8. Solution</p> <p>Élaborer la conception détaillée</p> <p>Mettre en œuvre la solution</p>
<p>9. Gestion des actifs</p> <p>Mettre en œuvre un programme de contrôle d'état et de maintenance pour observer les critères établis (Partie 5, Partie 6)</p>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14837-1:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005>

Vibrations mécaniques — Vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires —

Partie 1: Directives générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14837 fournit des directives générales relatives aux vibrations transmises par le sol dans les bâtiments et du bruit résultant dus à l'exploitation de lignes ferroviaires.

Elle énumère les facteurs et paramètres dont la prise en compte est nécessaire et propose des directives pour des méthodes de prédiction convenant à diverses circonstances (par exemple la prise en charge de l'évaluation des effets sur les occupants et les équipements sensibles ou leur fonctionnement dans les bâtiments outre les prédictions nécessaires à l'évaluation du risque de dommage aux structures des bâtiments).

La présente partie de l'ISO 14837 prête une attention particulière

- aux caractéristiques de la source: émission (par exemple train, roue, rail, voie, infrastructure de soutien),
- au chemin de propagation: transmission (par exemple état du sol, distance), et
- aux structures réceptrices: immissions (par exemple fondations, type de construction du bâtiment).

Les directives couvrent tous les types de roues et de lignes ferroviaires, du métro léger aux trains à grande vitesse et trains de marchandise. La présente partie de l'ISO 14837 fournit des orientations pour les lignes ferroviaires de surface, sur des structures surélevées et dans les tunnels.

La présente partie de l'ISO 14837 ne traite pas des vibrations résultant de la construction et de la maintenance de la ligne ferroviaire. Elle ne couvre pas le bruit aérien. Elle exclut également le bruit rayonné par les structures en hauteur qui peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document auquel il est fait référence s'applique (y compris les amendements).

ISO 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 vibrations transmises par le sol
vibrations générées par le passage d'un véhicule sur rail, propagées par le sol ou la structure dans un bâtiment récepteur

3.2 bruit transmis par le sol
bruit généré dans un bâtiment par des vibrations provenant du sol, dues au passage d'un véhicule circulant sur rail

NOTE 1 Quelquefois le bruit transmis par le sol est également appelé bruit re-rayonné, bruit par conduction et bruit solidien.

NOTE 2 Le bruit transmis par le sol exclut le bruit aérien direct.

3.3 paramètre de modèle
facteur ou fonction décrivant le comportement physique d'un élément mécanique (propriété) dans un modèle mathématique

3.4 constituant d'un modèle
élément principal (fondamental) de l'ensemble du système physique

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.5 développement du modèle
élaboration d'un modèle de structure physique

[ISO 14837-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005)

NOTE Le développement d'un modèle est un processus itératif par lequel un paramètre, un constituant ou l'ensemble du modèle est modifié pour assurer une meilleure concordance entre les valeurs prédites et les valeurs mesurées.

3.6 étalonnage du modèle
fonction(s) d'étalonnage évaluée(s) pour assurer la concordance entre les résultats en sortie du modèle et les données mesurées

3.7 validation du modèle
comparaison entre les résultats en sortie du modèle étalonné et les données mesurées indépendamment du jeu de données utilisé pour l'étalonnage

3.8 vérification du modèle
confirmation que les éléments mathématiques du modèle se comportent comme prévu

3.9 grandeur métrique
grandeur utilisée pour exprimer un critère et une valeur mesurée ou prédite

3.10 gain apporté
rapport entre la valeur avec et sans modification du système

NOTE 1 Une réduction de la valeur d'une grandeur métrique est représentée par un signe négatif lorsque le gain est exprimé en décibels.

NOTE 2 Bien que «gain apporté» est le terme préférentiel, le terme «perte de gain» est également utilisé. Une réduction de la valeur d'une grandeur métrique est représentée par un signe positif lorsque la perte de gain est exprimée en décibels.

3.11

masse non suspendue

masse de l'ensemble des éléments tels que les roues, les essieux et le cas échéant, les disques de freins, le moteur monté sur l'essieu, les boîtes de vitesses, etc. qui pèsent sur le rail avant la suspension du véhicule

4 Aperçu général des vibrations et du bruit transmis par le sol

4.1 Cas intéressants

Les vibrations et/ou bruits transmis par le sol peuvent avoir des effets sur les occupants des bâtiments. Des équipements très sensibles ou leur fonctionnement peuvent également être affectés de manière préjudiciable. Dans des cas extrêmes, les vibrations provenant du sol peuvent être telles qu'il existe des risques de dommages aux bâtiments et autres structures.

La présente partie de l'ISO 14837 fournit des directives utiles pour les modèles prédictibles nécessaires à l'évaluation des effets des vibrations sur les êtres humains (et non sur les animaux) ainsi que sur les équipements très sensibles dans et sur les bâtiments proprement dits.

Les vibrations seront perçues différemment par les personnes en fonction de la gamme de fréquences, telles que les vibrations mécaniques du corps humain (gamme de fréquences pertinente de 1 Hz à 80 Hz) et/ou tel que le son, le bruit transmis par le sol émis par les parties du bâtiment entrant en vibration, c'est-à-dire les murs, le plancher, le plafond (gamme de fréquences pertinente de 16 Hz à 250 Hz).

NOTE 1 Les vibrations sont perçues de manière différente, soit comme des vibrations globales du corps humain (1 Hz à 80 Hz) soit comme vibrations perçues par le toucher et elles ont dans ce cas une gamme de fréquences plus élevées.

NOTE 2 Dans des circonstances inhabituelles, des fréquences aussi basses que 16 Hz, ou aussi hautes que 500 Hz peuvent être dues à des vibrations transmises par le sol.

NOTE 3 Les effets secondaires comprennent le bruit de plus haute fréquence émis par le cliquetis d'éléments tels que des verres, des assiettes, des vitres, des plafonds, des luminaires et certains meubles. Il n'est pas fourni de directives pour la prédiction de bruit généré par ce mécanisme car il est difficile à quantifier, même s'il peut s'agir d'une source de perturbation significative.

Les vibrations dans les bâtiments peuvent perturber les équipements techniques, c'est-à-dire des appareils de mesure sensibles ou des processus de fabrication. La gamme de fréquences correspondante dépend de l'équipement particulier et peut atteindre 200 Hertz.

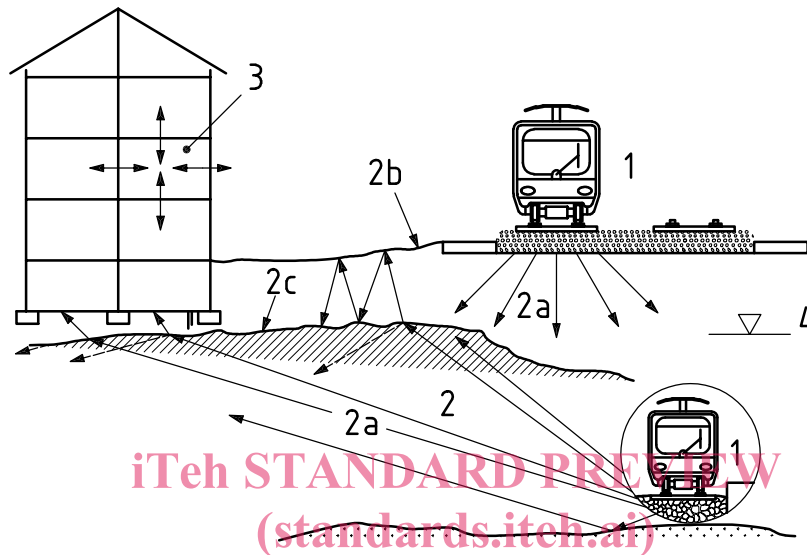
NOTE 4 En général, les fréquences dominantes sont inférieures à 100 Hz parce qu'elles représentent la réponse des éléments de bâtiment.

La gamme de fréquences pertinente pour une évaluation du risque de dommage induit par les vibrations sur les structures des bâtiments est de 1 Hz à 500 Hz, bien que les sollicitations élevées correspondant à des risques de dommages supérieurs sont associées aux basses fréquences. La plupart des dommages au bâtiment dus à des sources artificielles apparaissent dans une gamme de fréquences de 1 Hz à 150 Hz.

4.2 Source de vibrations et de bruit transmis par le sol

4.2.1 Généralités

Les lignes ferroviaires sont une source de vibrations. Les vibrations sont transmises et modifiées à travers la voie, dans l'infrastructure puis, à travers le sol environnant dans les bâtiments avoisinants où elles peuvent produire des vibrations perceptibles et/ou des bruits audibles. Ce système constitué par l'ensemble source/chemin de propagation/récepteur est illustré sur le schéma de la Figure 1. Les vibrations trouvent leur origine dans l'interaction entre le rail et la roue comme représenté à la Figure 2.

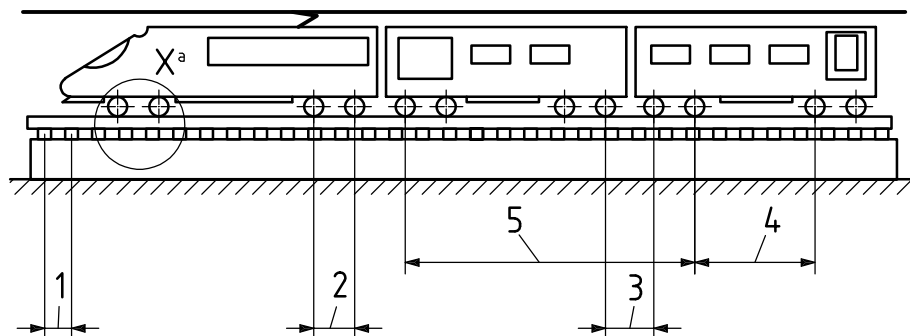


Légende

- 1 source
- 2 propagation:
 - 2a) ondes volumiques (de compression, de cisaillement)
 - 2b) ondes de surface (par exemple de Rayleigh, de Love)
 - 2c) ondes d'interface (par exemple de Stoneley)
- 3 récepteur
- 4 surface de la nappe phréatique

NOTE Les constituants du système qui comprennent la source, la propagation et le récepteur sont interdépendants.

Figure 1 — Exemple de système source, propagation et récepteur



Légende

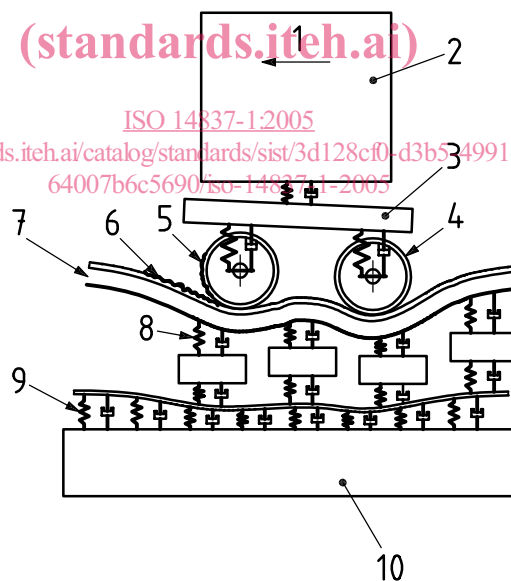
- 1 espacement des supports de rails
- 2 espacement entre essieux d'un même bogie
- 3 espacement entre essieux de bogies différents
- 4 espacement entre essieux d'un même véhicule
- 5 espacement entre essieux de véhicules différents

^a Pour ce détail, voir la Figure 2b).

a) Description de la source

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14837-1:2005
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005>



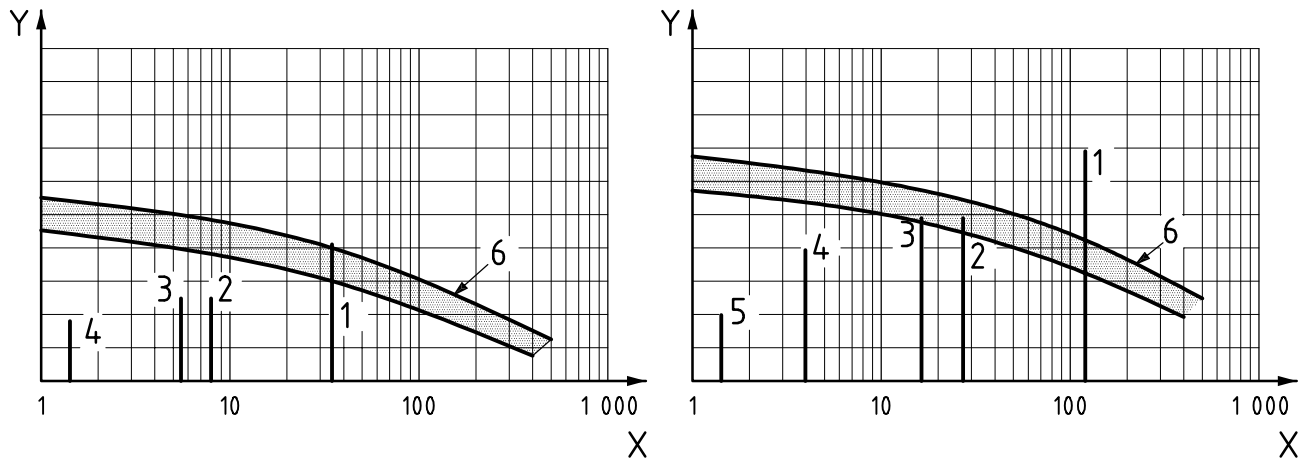
Légende

- | | |
|---|---|
| 1 vitesse du train, v | 6 rugosité du rail |
| 2 contribution de la masse de la voiture, m_C | 7 impédance du rail |
| 3 contribution de la masse du bogie, m_B | 8 modèle indicatif de support de rail |
| 4 masse non suspendue, m_W | 9 modèle indicatif d'assise de la voie/tunnel |
| 5 rugosité de la roue | 10 impédance du sol |

NOTE L'amortissement peut ne pas être visqueux.

b) Exemple de modèle de train/voie

Figure 2 — Description de la source

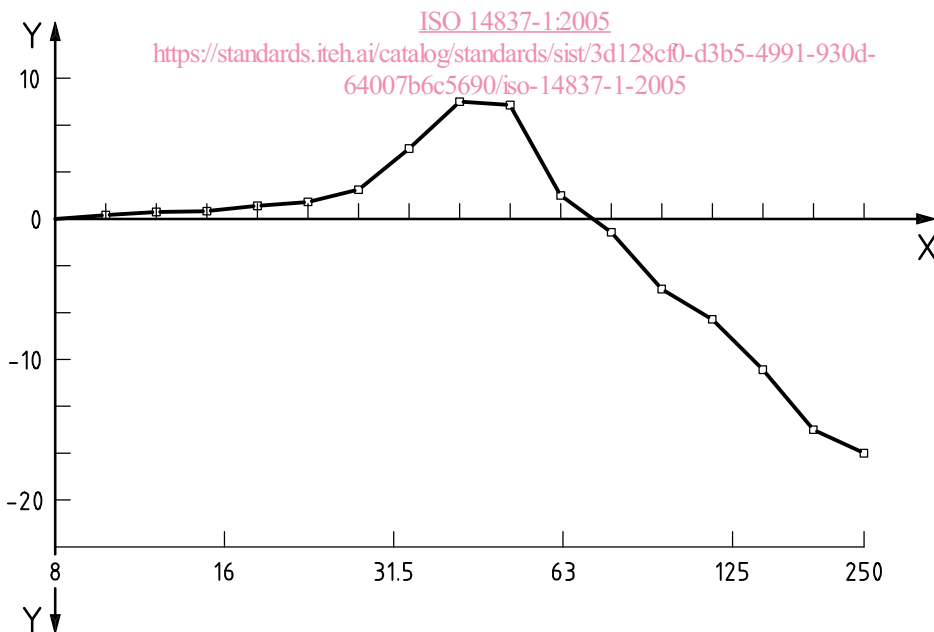


Légende

- | | | | |
|---|--|---|---|
| X | fréquence, Hz | 3 | fréquence de passage des essieux de bogies différents d'espacement ³ à la Figure 2 a) |
| Y | force d'interaction, dB | 4 | fréquence de passage des essieux d'un même véhicule d'espacement ⁴ à la Figure 2 a) |
| 1 | fréquence de passage sur le support de rail d'espacement de ¹ à la Figure 2 a) | 5 | fréquence de passage des essieux de véhicules différents d'espacement ⁵ à la Figure 2 a) |
| 2 | fréquence de passage des essieux d'un même bogie d'espacement de ² à la Figure 2 a) | 6 | rugosité de la roue et du rail |

NOTE Les fréquences de passage sont données par f_n [Hz] = v [km/h]/(3,6 l_n [m]) où l_n est l'espacement considéré.

c) Sources d'excitation aux interfaces roue/rail à 80 km/h (à titre informatif) **d) Sources d'excitation aux interfaces roue/rail à 250 km/h (à titre informatif)**



Légende

- | | |
|---|---|
| X | fréquence en Hz (par exemple fréquence centrale des tiers d'octave) |
| Y | gain apporté train/voie pour une voie de référence définie, dB |

e) Exemple de gain apporté pour un modèle prédictible train/voie

Figure 2 (suite)

En matière de prédiction des vibrations et/ou bruits d'origine ferroviaire transmis par le sol, il convient de noter que le système source, chemin de propagation et récepteur dépend de plusieurs facteurs (voir Annexe A), certains étant plus importants que d'autres. Les paramètres doivent être déterminés sur la base de l'expérience acquise, des données contenues dans des publications spécialisées, des avis d'experts ou au moyen de mesurages effectués sur site.

L'exactitude espérée du modèle prédictible dépendra du but de la prédiction et sera limitée par la connaissance et la compréhension des paramètres du système.

4.2.2 Mécanisme d'excitation

Les mécanismes d'excitation sont les suivants:

- a) excitation due à des charges en mouvement (quasi statiques), c'est-à-dire le déplacement de la voie et de son support est dû au déplacement de la charge du train en mouvement. En des emplacements fixes, il s'agit d'une action dynamique liée au temps qui donne lieu à des ondes de flexion dans la voie et le sol. Les mécanismes liés à ce phénomène ne sont pas encore bien compris (par exemple les effets des conditions aux limites, les inhomogénéités de la voie et du sol qui favorisent les ondes de propagation). Les trains à grande vitesse se déplaçant sur un sol mou peuvent dépasser la vitesse d'onde (de surface) de Rayleigh du sol. Si ce phénomène n'est pas atténué, il pourrait donner lieu à des niveaux de vibration importants de manière similaire au bang supersonique généré par les avions. Ses effets, en champ proche, sur la stabilité de la voie sont plus significatifs. Cependant, ce problème est résolu en posant la base de la voie sur un sol renforcé ou sur dalle en béton avec des fondations en pieux jusque dans les couches sous-jacentes plus rigides. Dans les tunnels, le revêtement et le radier du tunnel assurent la fondation rigide qui permet de réduire les niveaux de vibration dans le sol environnant;
- b) excitation engendrée par la rugosité roue/rail, c'est-à-dire les irrégularités aléatoires de la surface de contact rail roue donnent lieu à des excitations forcées du système (véhicule/voie). La rugosité existe dès la fabrication. Il convient de tenir compte des variations de rugosité qui apparaissent une fois le train mis en service. Ces irrégularités varieront dans le temps durant l'utilisation;
- c) excitation paramétrique, pour les voies ferroviaires à support de rail discontinu (par exemple traverses sur ballast, plate-forme résiliente sur dalle à distinguer des rails noyés), la roue voit une variation de raideur le long du rail. Le déplacement de ces forces dynamiques excite le véhicule et la voie. La vitesse du véhicule et l'espacement du support définissent la fréquence de passage sur les supports. De la même manière, d'autres composantes harmoniques sont mises en jeu du fait de l'espacement des essieux et des bogies. Lorsque ces fréquences coïncident avec la fréquence naturelle du véhicule et du système véhicule sur voie, il peut en résulter une excitation considérable de la voie, du véhicule et de l'environnement proche;
- d) les défauts de roue/rail supplémentaires: Des formes plus sévères de rugosité des roues et des rails peuvent apparaître dans certaines circonstances en conséquence de l'exploitation. Pour les rails, la forme la plus sévère de rugosité est l'usure ondulatoire. Cette usure est constituée par des irrégularités périodiques superposées de longueurs d'onde diverses. L'usure ondulatoire peut également apparaître sur les roues, avec d'autres formes de «rugosité» sévère associées à des méplats (plats aux roues) simples ou multiples, à l'ovalisation, au balourd et à l'excentricité. Ces irrégularités varieront en service en fonction du temps. Des défauts peuvent également apparaître du fait d'un meulage insuffisant ou inapproprié de l'usure ondulatoire de la voie;
- e) les discontinuités de la voie, c'est-à-dire des lacunes au niveau des appareils de voie, au niveau des joints ainsi que les rails affaiblis, etc., peuvent générer des forces d'impact. Si la longueur des rails à joints élastiques ou soudés devient égale à l'espacement entre les bogies des wagons, les niveaux de vibration peuvent augmenter considérablement;
- f) la suspension du wagon (y compris dans le cas d'une suspension verrouillée);
- g) la dureté de l'acier, c'est-à-dire la variation aléatoire ou périodique de dureté des surfaces de roulement, qui apparaît en cours de fabrication ou plus généralement en service;

- h) les charges latérales dues notamment au guidage du wagon sur des rayons de faibles courbures et aux changements de voie;
- i) les conditions de conduite, c'est-à-dire l'accélération et la décélération en freinage du train engendrent des forces dynamiques qui donnent lieu à des vibrations;
- j) les conditions environnementales extrêmes par exemple, la température et l'humidité du champignon de rail affectent l'usure et par conséquent les vibrations.

Les paramètres décrits de a) à j) ci-dessus, ne donnent lieu à des vibrations qu'en conséquence d'une impédance finie au point d'application, observée à la surface de contact entre le champignon du rail et la bande de roulement de la roue.

L'impédance observée au niveau du champignon de rail est en premier lieu déterminée par la conception de la voie mais est également influencée par les infrastructures (par exemple le radier du tunnel, le tunnel) ainsi que par le sol environnant.

Pour les fréquences prises en compte, l'impédance au niveau de la bande de roulement est principalement déterminée par la masse non suspendue du wagon. Cependant, la masse globale du wagon et sa charge utile peuvent devenir importantes si la suspension devient effectivement rigide (par exemple à cause d'un manque de maintenance ou du comportement des amortisseurs à fréquences élevées).

4.3 Propagation

Pour les lignes ferroviaires de surface et sur des structures surélevées, les vibrations dans le sol sont principalement transmises par les ondes de surface.

Pour des lignes ferroviaires dans des tunnels, la propagation des vibrations dans le sol s'effectue par des ondes de compression et de cisaillement. À une certaine distance du tunnel, en fonction de la profondeur du tunnel, des ondes de surface peuvent être dominantes.

La gamme de fréquences d'intérêt pour les bruits et les vibrations transmis par le sol au niveau du récepteur est d'environ 1 Hz à 250 Hz. Des fréquences plus élevées peuvent être reçues dans certaines conditions de sol (par exemple rocailleux) ou si le bâtiment est directement en contact avec le tunnel ou la roche, ou s'il est situé à une très courte distance du tunnel et du bâtiment ou encore si la couche de liaison entre les fondations du bâtiment et les strates rocheuses est mince.

L'effet «filtre passe bas» du système train-voie atténue les fréquences dans la partie haute de la gamme de fréquences considérée dans la présente partie de l'ISO 14837. Des effets tels que l'amortissement dans le sol entraînent une modification de la forme du spectre de fréquence en fonction de la distance et, selon la nature du matériau du sol, les basses fréquences peuvent prédominer sur de grandes distances.

Lorsque le bâtiment récepteur est en contact direct avec le tunnel (c'est-à-dire lorsque le tunnel fait partie des fondations d'un bâtiment), le principal chemin de propagation passe par la structure du bâtiment et par conséquent, il convient, dans le modèle prédictible, de tenir compte de la réponse dynamique de la structure du bâtiment. La propagation s'effectuera non seulement par l'intermédiaire d'ondes de compression et de cisaillement mais également par l'intermédiaire d'ondes de flexion.

Il convient de tenir compte des structures artificielles dans le sol telles que les tunnels, les voies de service, les traitements du sol et/ou les consolidations ainsi que de leurs effets éventuels sur les caractéristiques de propagation. Il peut également être nécessaire de tenir compte des effets de la nappe phréatique.

Il convient de considérer l'amortissement dans le sol avec soin. La saturation en eau des sols poreux peut introduire un amortissement visqueux à des fréquences élevées. Cependant, il convient de ne pas trop simplifier en supposant qu'a priori il y a généralement un amortissement visqueux car cela peut entraîner des erreurs importantes des valeurs prédites, notamment aux hautes fréquences. À de faibles niveaux de sollicitation, il est usuel de considérer le comportement du sol comme linéaire, bien que le comportement des sols comporte implicitement une non-linéarité qui varie en fonction de la sollicitation. La nécessité de tenir

compte de ces problèmes et l'approche adoptée varieront en fonction du type de modèle utilisé. Des informations supplémentaires sont fournies dans l'Article 9.

NOTE 1 La présence de couches différentes peut faire prévaloir certaines fréquences.

NOTE 2 Dans certaines situations, il peut être erroné de supposer qu'il y a des limites claires et nettes entre les couches.

4.4 Récepteur

Pour les immissions (bruit et vibrations transmis par le sol), la gamme de fréquences d'intérêt au niveau du récepteur est d'environ 1 Hz à 250 Hz. Des fréquences plus élevées peuvent être reçues dans certaines conditions de sol (par exemple sol rocailleux) ou si le bâtiment est directement en contact avec le tunnel ou très proche de lui.

Il convient que le modèle prédictible tienne compte de la fonction de transfert entre champ libre et fondation du bâtiment. Il convient également qu'il tienne compte de la réponse des éléments du bâtiment (par exemple le plancher) qui peut amplifier ou atténuer les vibrations entrantes, en fonction de la fréquence.

Des vibrations transmises par le sol peuvent dans certaines salles rayonner du bruit dont l'amplitude varie spatialement et qui dépendra du facteur de rayonnement de la structure utilisé, celui-ci étant fonction de la fréquence.

Il convient que la modélisation du récepteur prenne en considération la forme structurale et l'aménagement en conséquence de l'utilisation (par exemple il peut être nécessaire d'utiliser des modèles différents pour des salles dans un immeuble résidentiel de ceux utilisés pour de grandes salles telles que des auditoriums).

(standards.iteh.ai)

5 Effets des vibrations et du bruit transmis par le sol

ISO 14837-1:2005

5.1 Généralités <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d128cf0-d3b5-4991-930d-64007b6c5690/iso-14837-1-2005>

Le présent article fournit des directives sur les effets des vibrations et du bruit transmis par le sol sur les bâtiments, leurs occupants et les équipements sensibles ainsi que la gamme de fréquences pertinente dans chaque cas. Il place également dans son contexte les magnitudes de bruit et de vibrations transmis par le sol dus à des lignes ferroviaires.

5.2 Perception des vibrations transmises par le sol (1 Hz à 80 Hz)

Des vibrations structurales dans les bâtiments peuvent être détectées par les occupants et les affecter de diverses manières: elles peuvent réduire leur qualité de vie ainsi que leur efficacité au travail. Ces effets sont examinés dans l'ISO 2631-2. Les niveaux de vibration générés à l'intérieur des bâtiments proches de lignes ferroviaires sont tels que dans certaines situations, ils sont accompagnés (par ordre de grandeur) d'une gêne, d'un inconfort, d'une perturbation de l'activité et à des niveaux extrêmes ils peuvent même affecter la santé.

L'ISO 2631-2 donne une courbe de pondération en fréquence correspondant aux réactions de personnes aux vibrations du corps entier dans des bâtiments ainsi que des lignes directrices pour l'évaluation des réclamations.

NOTE Les vibrations peuvent également être perçues visuellement (par exemple balancement d'un luminaire suspendu, variation de la lumière sur des surfaces réfléchissantes). Ce mécanisme est plus susceptible de toucher les lignes ferroviaires de surface que des lignes ferroviaires en tunnel.