
**Vibrations mécaniques — Évaluation
des résultats de mesurages relatives
aux essais dynamiques et aux
investigations sur les ponts**

*Mechanical vibration — Evaluation of measurement results from
dynamic tests and investigations on bridges*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18649:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a6dcf34-082f-42fa-b3cf-03408ff688d6/iso-18649-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a6dcf34-082f-42fa-b3cf-03408ff688d6/iso-18649-2004>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18649:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a6dcf34-082f-42fa-b3cf-03408ff688d6/iso-18649-2004>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2004

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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 |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 2 |
| 3 Termes et définitions | 2 |
| 4 Mesurage des vibrations | 3 |
| 4.1 Considérations générales | 3 |
| 4.2 Surveillance d'un pont pendant la construction et pour la mise en service | 3 |
| 4.3 Surveillance d'un pont en service | 10 |
| 5 Analyse de données et méthode d'identification structurelle | 10 |
| 5.1 Généralités | 10 |
| 5.2 Analyse de données et domaine | 10 |
| 5.3 Numérisation | 10 |
| 5.4 Identification des caractéristiques vibratoires dans le domaine temporel | 11 |
| 5.5 Identification des caractéristiques vibratoires dans le domaine fréquentiel | 13 |
| 5.6 Identification structurelle et analyse inverse | 14 |
| 6 Modélisation des ponts et de leur milieu environnant | 14 |
| 6.1 Modélisation des structures de ponts | 14 |
| 6.2 Modélisation des charges de trafic | 16 |
| 6.3 Modélisation de la marche et de son effet dynamique | 17 |
| 6.4 Charge du vent | 17 |
| 6.5 Modélisation du sol pour les vibrations des viaducs | 17 |
| 7 Évaluation des données mesurées et leur application | 18 |
| 7.1 Méthode et critères d'évaluation | 18 |
| 7.2 Évaluation pendant la construction | 18 |
| 7.3 Évaluation de l'intégrité structurelle en service | 19 |
| 7.4 Évaluation de la viabilité | 20 |
| 7.5 Évaluation des vibrations environnementales | 20 |
| Annexe A (informative) Analyse de données dans les domaines temporel et fréquentiel | 21 |
| Annexe B (informative) Identification des caractéristiques vibratoires | 26 |
| Annexe C (informative) Modélisation de la charge de marche | 27 |
| Bibliographie | 29 |

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 18649 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*.

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18649:2004
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a6dcf34-082f-42fa-b3cf-03408ff688d6/iso-18649-2004>

Vibrations mécaniques — Évaluation des résultats de mesures relatives aux essais dynamiques et aux investigations sur les ponts

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit une méthode d'évaluation des résultats d'essais dynamiques et d'investigations sur les ponts et les viaducs. Elle complète le mode opératoire de réalisation des essais donné dans l'ISO 14963 et tient compte :

- des objectifs des essais dynamiques,
- des techniques d'analyse des données et d'identification du système,
- de la modélisation du pont, et
- de l'évaluation des données mesurées.

NOTE 1 L'évaluation peut viser à définir toutes les caractéristiques dynamiques de chaque mode de vibration étudié, à savoir la fréquence, la rigidité, la forme de mode et l'amortissement, ainsi que leur variation non linéaire en fonction de l'amplitude de mouvement. Ces éléments peuvent fournir des informations sur les caractéristiques dynamiques d'une structure pour les comparer avec celles prévues lors de la conception, ou comme base pour la surveillance de l'état ou l'identification du système.

ISO 18649:2004

Les essais dynamiques considérés dans la présente Norme internationale ne remplacent pas les essais statiques.

La présente Norme internationale donne des lignes directrices sur l'évaluation des mesurages effectués tout au long du cycle de vie du pont. Les étapes du cycle de vie à prendre en compte sont :

- a) pendant la construction et après la mise en service,
- b) pendant les essais de mise en service,
- c) pendant les périodes spécifiées tout au long du cycle de vie du pont, et
- d) immédiatement avant le déclassement du pont.

La présente Norme internationale est applicable aux routes, voies ferrées et ponts et viaducs réservés aux piétons (à la fois pendant la construction et le fonctionnement) et également à d'autres ouvrages, à conditions que leur application soit justifiée. L'application de la présente Norme internationale à des structures spéciales (ponts à haubans et ponts suspendus) nécessite des essais spécifiques qui tiennent compte des caractéristiques particulières de l'ouvrage.

NOTE 2 Dans la présente Norme internationale, les « ponts et viaducs » sont appelés « ponts ». Le terme « viaduc » est utilisé uniquement lorsqu'il est nécessaire de les distinguer.

2 Références normatives

Les documents de référence ci-après sont indispensables à 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 de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*

ISO 14963, *Vibrations et chocs mécaniques — Lignes directrices pour essais et études dynamiques des ponts et viaducs*

ISO 14964, *Vibrations et chocs mécaniques — Vibrations des structures fixes — Exigences spécifiques pour le management de la qualité dans le mesurage et l'évaluation des vibrations*

3 Termes et définitions

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

3.1

constructibilité

propriété d'une structure permettant de construire de manière sûre, rapide et rentable

NOTE La constructibilité des ponts peut exiger de construire par vent fort, de sorte qu'il peut être nécessaire de surveiller les effets du vent sur les vibrations.

3.2

compatibilité environnementale

impact de l'environnement sur un nouveau pont, qu'il peut être nécessaire d'évaluer, impliquant les effets du vent, le bruit de l'air et les vibrations au sol.

3.3

viabilité

état limite au-delà duquel une structure ne satisfait plus aux exigences de fonctionnement de sorte qu'elle n'est plus adaptée aux besoins

3.4

surveillance

programme de mesurages, généralement sur une période de temps, selon lequel les modifications d'un paramètre approprié peuvent être interprétées comme indiquant un changement d'état de la structure

NOTE Il est important d'établir des données de référence et de prévoir les modifications attribuables à des facteurs environnementaux cycliques tels que les variations de température et d'humidité diurnes et saisonnières.

3.5

sécurité de fonctionnement

propriété selon laquelle la circulation routière franchissant un pont à une vitesse appropriée n'est pas affectée de façon défavorable lors du maintien de la direction ou de la stabilité

3.6

qualité de déplacement

propriété selon laquelle les occupants de véhicules franchissant un pont à une vitesse appropriée ne sont pas exposés à des niveaux de vibration nuisant à leur confort

4 Mesurage des vibrations

4.1 Considérations générales

Les lignes directrices relatives au mesurage des vibrations, indiquées dans l'ISO 14963, doivent être suivies et les exigences applicables à la qualité de ces mesurages, données dans l'ISO 14964, doivent être satisfaites. Les mesurages peuvent être effectués sur des ponts en construction et en phase de mise en service, et sur les ponts en service.

4.2 Surveillance d'un pont pendant la construction et pour la mise en service

4.2.1 Objectifs de la surveillance des vibrations

Les Figures 1 et 2 illustrent les relations entre les différentes étapes impliquées dans la surveillance des vibrations.

Les objectifs de la surveillance des vibrations doivent être indiqués comme suit :

- a) évaluation de la précision de construction et de la constructibilité ;
- b) évaluation des performances structurelles pendant et après la construction ;
- c) évaluation de la sécurité du pont pendant et après sa construction ;
- d) évaluation de la viabilité après la construction ;
- e) évaluation de la compatibilité environnementale ;
- f) détermination des caractéristiques vibratoires initiales pour la maintenance et pour l'étalonnage du modèle numérique du pont en service ;
- g) formulation de remarques sur la conception structurelle.

L'incertitude des résultats lors de chaque processus de mesurage et d'évaluation ne peut pas être évitée et il est possible d'inclure l'incertitude comme indiqué sur la Figure 1. Par conséquent, la réduction et la qualification de l'incertitude et de l'erreur de mesure sont requises dans le processus.

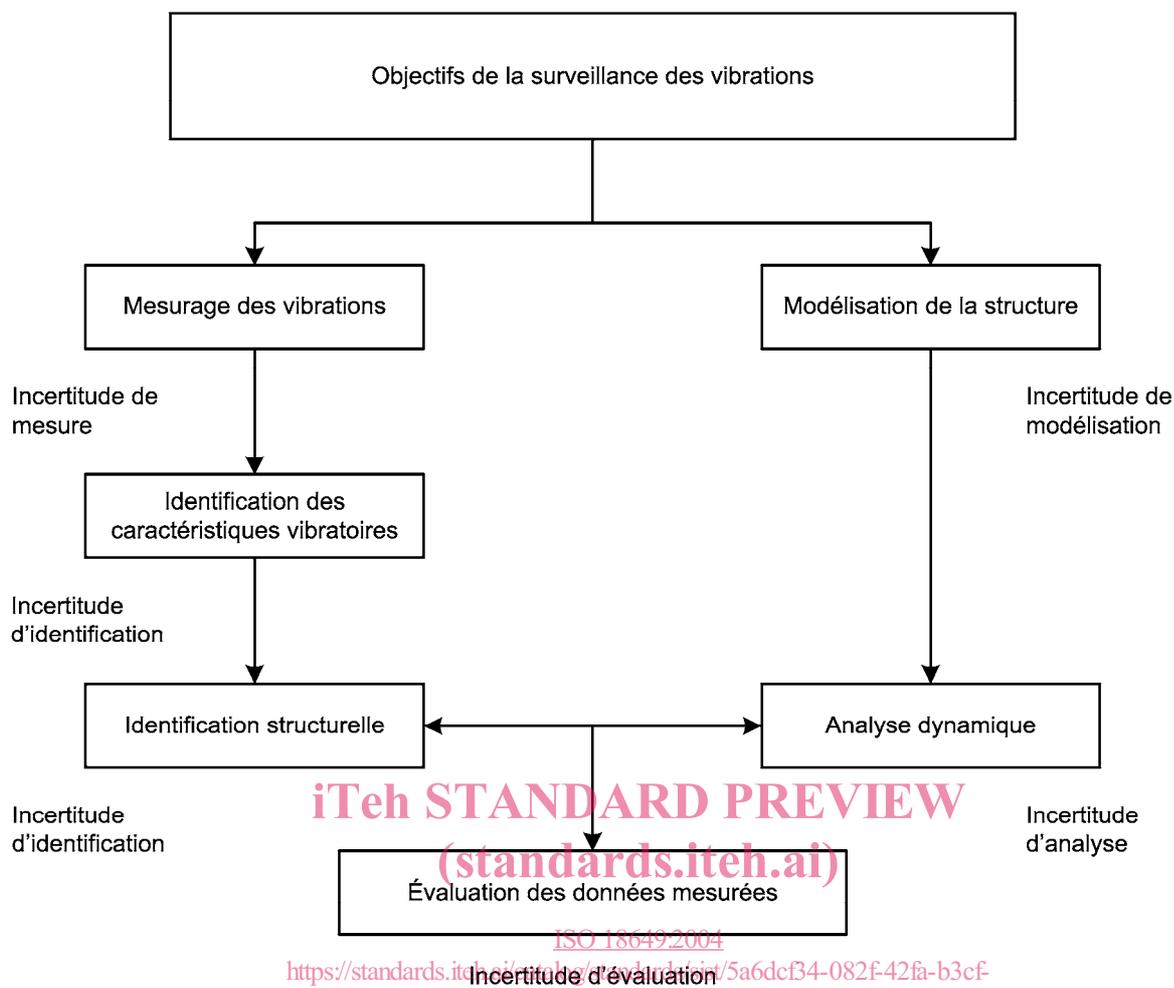


Figure 1 — Logigramme de surveillance des vibrations d'un pont

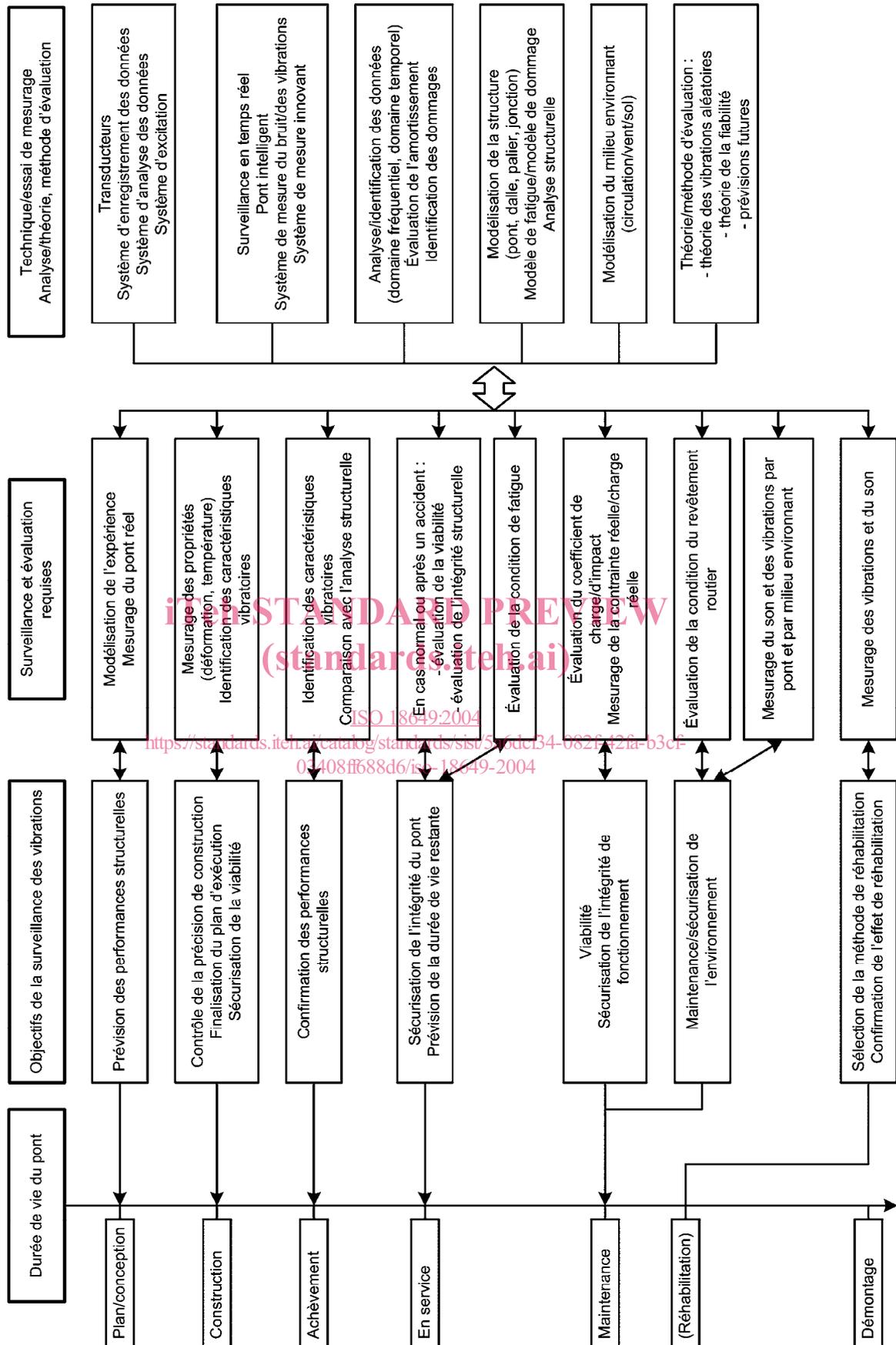


Figure 2 — Présentation générale de la surveillance des vibrations d'un pont

4.2.2 Évaluation de la gestion de la construction

4.2.2.1 Généralités

Les mesurages des vibrations sur les ponts peuvent être réalisés pendant la construction. Par exemple, des essais de vibration sur les câbles de ponts à haubans ou de ponts suspendus sont utilisés pour contrôler la tension des câbles. Pour contrôler le profil du pont en construction, il est nécessaire de mesurer les vibrations des câbles. Des mesurages dynamiques peuvent aussi indiquer quand des niveaux de vibration élevés auront un effet préjudiciable sur la construction.

4.2.2.2 Évaluation de la tension des câbles

Les caractéristiques dynamiques sont fortement influencées par les conditions de soutien. La tension des câbles d'un pont à haubans ou d'un pont suspendu est l'un des principaux paramètres de gestion de la construction. Les vibrations des câbles sont facilement mesurées pour déterminer la fréquence propre des vibrations transversales. Celles-ci dépendent de la tension des câbles et sont obtenus en utilisant une équation connue. Dans ce cas, le modèle numérique devra tenir compte de la rigidité et du soutien final des câbles.

4.2.2.3 Évaluation de la constructibilité

Les mesurages des vibrations peuvent fournir les informations nécessaires pour déterminer à quel moment l'ouvrage est dangereux ou le contrôle qualité risque d'être détérioré. Si les vibrations du pont et si l'excitation du vent et du séisme sont mesurées en continu, il est possible de décider du moment où une limite admissible est dépassée.

4.2.3 Caractéristiques d'évaluation des performances structurelles

4.2.3.1 Généralités

La fréquence propre, l'amortissement et la réponse dynamique de la structure et de la zone voisine, ainsi que la propagation du son depuis/dans la structure, sont des caractéristiques mesurables qui peuvent être utilisées pour évaluer les performances structurelles.

4.2.3.2 Fréquences propres et formes de mode

La fréquence propre et sa forme de mode sont des paramètres faciles à mesure. Les conditions de soutien et la température de la structure sont les principaux facteurs influençant les vibrations propres. Il convient donc de les surveiller avant et après la construction. L'absence de linéarité géométrique des ponts flexibles et l'absence de linéarité des matériaux des superstructures sur la substructure sont des aspects qu'il convient de prendre en compte. Ces aspects sont les suivants :

- fréquences propres ;
- formes de mode ;
- mouvements de patin et conditions aux limites des structures ;
- effets de l'absence de linéarité géométrique de la structure ;
- absence de linéarité des matériaux du sol ;
- effets de l'isolateur et des dispositifs anti-vibration ;
- effets de la température.

NOTE L'isolateur et les dispositifs anti-vibration peuvent également provoquer des non-linéarités.

4.2.3.3 Amortissement

Le coefficient d'amortissement, ou rapport d'amortissement logarithmique, peut aussi être mesuré. Le mesurage des vibrations non amorties produites par l'arrêt des vibrations forcées donne une mesure directe des caractéristiques d'amortissement, au moins pour le mode fondamental. Les dépendances vis-à-vis de l'amplitude et de la température sont des facteurs importants pour le mesurage de l'amortissement. Il peut être nécessaire de tenir compte des effets des conditions de soutien et des dispositifs d'isolation. Lorsque des caractéristiques d'amortissement sont requises pour des mouvements de grande amplitude, des essais de vibration forcée produisant des vibrations de grande amplitude sont appropriés. L'évaluation de séismes de forte magnitude ou de vents puissants peut nécessiter des valeurs d'amortissement applicables à un mouvement de grande amplitude.

Les éléments affectant les caractéristiques d'amortissement des ponts sont les suivants :

- effets aérodynamiques et hydrodynamiques ;
- jonctions et assemblages ;
- paliers et patins ;
- revêtement (rhéologie des matériaux) ;
- effets des substructures ;
- effets des fondations.

Les dépendances des fréquences et des caractéristiques d'amortissement des ponts vis-à-vis de l'amplitude nécessitent une analyse approfondie des données. Des caractéristiques d'amortissement différentes seront obtenues avec différents types de structure et à différents emplacements, ce qui signifie que l'effet d'amortissement global fait partie de ces éléments.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a6dcf34-082f-42fa-b3cf>

4.2.3.4 Caractéristiques des réponses dynamiques d'une structure avec le milieu environnant

Le mesurage de la réponse dynamique peut impliquer des facteurs tels que la contrainte, l'accélération, la vitesse ou le déplacement. Il est également important de tenir compte des conditions aux limites. Il est possible que les résultats des essais de vibrations ambiantes ou des essais de résistance au choc ne soient pas appropriés à certaines évaluations de réponses dynamiques en raison de la faible amplitude de charge. À l'aide d'essais d'excitation forcée, des courbes de réponse en résonance peuvent fournir des données pour un mouvement d'amplitude supérieure. Une analyse précise des vibrations ambiantes pour de faibles amplitudes peut convenir pour surveiller l'intégrité structurelle des ponts. Les essais utilisant des véhicules en mouvement peuvent donner la réponse dynamique associée à la vitesse et au type de véhicule. L'analyse de fatigue nécessite de représenter la réponse dynamique sous la forme d'un histogramme d'étendue des contraintes. Les points à prendre en compte sont les suivants :

- précision de l'analyse des vibrations ambiantes ;
- essai de résistance au choc pour la propriété dynamique du milieu environnant ;
- effets du débit d'eau ou du régime des marées ;
- méthode d'excitation.

4.2.3.5 Propagation du son autour de/dans la structure

Les microphones placés sur le sol encaissant peuvent détecter la propagation du son des ponts due aux véhicules en mouvement. Les caractéristiques de propagation du son sont utilisées pour évaluer les effets environnementaux sur la zone voisine. Les paramètres à mesurer sont les suivants :

- niveau sonore ;
- fréquence sonore ;
- densité du trafic routier ;
- vitesse des véhicules ;
- types de véhicules ;
- effets impulsionnels ;
- rugosité de la route/voie ;
- rigidité du sol et son interaction avec la substructure.

4.2.4 Évaluation de la sécurité pendant et après la construction

4.2.4.1 Confirmation de la conception pour des performances parasismiques

La surveillance des vibrations est nécessaire pour une construction sans danger dans une haute hauteur sismique. Selon les données, les ingénieurs peuvent évaluer le risque pendant la construction, ce qui peut influencer cette dernière. Les données relatives aux vibrations dans des conditions de charge extrême sont importantes. L'évaluation repose sur :

- les caractéristiques des vibrations propres et de leur amortissement ;
- les caractéristiques de réponse dynamique ;
- le renforcement de la structure ;
- le système d'isolation du pont ; et
- le diagnostic de l'intégrité structurelle après une catastrophe.

Lors du processus de conception pour des performances parasismiques, il convient d'établir le modèle numérique pour la réponse dynamique en combinant l'ensemble/une partie de la superstructure utilisée lors de la conception statique et la substructure, y compris le soubassement et le sol encaissant. Il convient d'utiliser ces données lors de l'analyse de l'évaluation.

Il convient de tenir compte du mesurage des vibrations propres de la substructure après sa construction et des propriétés de vibrations non linéaires du sol. L'évaluation des caractéristiques d'amortissement est effectuée en comparant les données mesurées avec les données prévues utilisées lors du processus de conception. Il convient également de tenir compte des conditions de soutien et de la dépendance vis-à-vis de l'amplitude. Il convient également de tenir compte de l'effet des structures temporaires et du revêtement sur les propriétés vibratoires.