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

Mechanical vibration and shock — Guidelines for dynamic tests and investigations on bridges and viaducts

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14963:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003>



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 14963:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003>

© ISO 2003

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

Version française parue en 2004

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 Classification	2
4.1 Généralités	2
4.2 Type de superstructure	2
4.3 Conception statique, méthodes de construction et infrastructure	2
4.4 Classification fonctionnelle	4
5 Critères d'ordre général pour les essais	5
5.1 Généralités	5
5.2 Choix des techniques d'essai	5
5.3 Choix des méthodes d'excitation	5
5.4 Choix du système de mesure de la réponse	6
6 Appareillage d'essai	7
6.1 Appareillage d'excitation	7
6.2 Appareillage de mesure	7
6.3 Systèmes de contrôle, d'acquisition et d'analyse	7
7 Techniques d'étude	7
7.1 Considérations d'ordre général	7
7.2 Essais utilisant une excitation artificielle	8
7.3 Actions des phénomènes naturels ambiants	8
8 Essais et contrôles	9
8.1 Généralités	9
8.2 Essais pendant la phase de construction (contrôle provisoire)	9
8.3 Essais après achèvement de la construction	12
8.4 Étude et contrôles en cours d'utilisation	13
8.5 Surveillance	13
9 Rapport final	15
9.1 Généralités	15
9.2 Conception de l'essai	15
9.3 Rapport d'essai	16
9.4 Analyse des résultats et conclusions	17
Annexe A (informative) Systèmes d'excitation et leur spécification	18
Annexe B (informative) Appareillage de mesure et sa spécification	24
Bibliographie	28

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 14963 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 14963:2003
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003>

Introduction

Les études dynamiques peuvent contribuer au contrôle des structures par des mesures et l'interprétation de leur réponse à l'excitation dynamique, et par l'établissement de rapports à ce propos. Il convient que les essais soient conçus conformément aux besoins spécifiques de l'étude et au type de structure. Les mesures conduisent habituellement à une caractérisation du comportement dynamique de l'ensemble du pont, y compris les fondations, ou des éléments de structure locaux dans les domaines fréquentiel et/ou temporel.

La présente Norme internationale est destinée à être utilisée dans le cadre de la conception définitive, des ouvrages temporaires, de la construction et de la maintenance des ponts et viaducs, selon le cas. Il est admis d'entreprendre des essais dynamiques pour la réalisation des objectifs suivants:

- l'évaluation du degré de sécurité des structures de pont en construction;
- la confirmation, après construction, des valeurs utilisées pour la conception;
- l'évaluation des caractéristiques dynamiques à intégrer dans l'analyse des effets du vent et des tremblements de terre et pour la charge mobile;
- la surveillance des ponts réellement en service et la détection d'endommagements;
- la confirmation des effets des renforts sur les ponts;
- le diagnostic des ponts dans un cas d'urgence;
- l'essai de diagnostic en tant que base de la surveillance d'état.

Il est admis d'utiliser l'étude dynamique en tant que partie intégrante du processus de conception (essais orientés sur la conception) des nouvelles constructions ou pour la gestion des opérations de maintenance et de réhabilitation.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14963:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003>

Vibrations et chocs mécaniques — Lignes directrices pour essais et études dynamiques des ponts et viaducs

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit des lignes directrices pour les essais et études dynamiques des ponts et viaducs. Elle

- classe les essais en fonction de la construction et de l'usage,
- indique la nature des études et des contrôles portant sur les éléments structuraux individuels et l'ensemble des structures,
- établit une liste des matériels requis pour l'excitation et le mesurage, et
- classe les techniques d'étude en faisant appel aux méthodes adéquates pour le traitement des signaux, la présentation des données et l'établissement des rapports.

La présente Norme internationale définit des critères d'ordre général destinés aux essais dynamiques. Cela peut constituer une source d'informations sur le comportement dynamique d'une structure devant servir de base à la surveillance des conditions ou à l'identification du système. Les essais dynamiques détaillés dans la présente Norme internationale ne se substituent pas aux essais statiques.

Les essais peuvent être réalisés pour définir l'ensemble des caractéristiques dynamiques de chaque mode de vibration examiné (c'est-à-dire la fréquence, la raideur, la forme d'un mode et l'amortissement) et leur variation non linéaire en fonction de l'amplitude du mouvement.

La présente Norme internationale est applicable aux routes, aux chemins de fer, aux passerelles et viaducs (pendant la construction et la mise en service à la fois) ainsi qu'aux autres ouvrages (ou types d'ouvrages), sous réserve que leur structure particulière justifie l'application de ladite norme.

L'application de la présente Norme internationale à des structures spéciales (ponts à haubans ou suspendus) nécessite des essais spécifiques qui tiennent compte des caractéristiques particulières de l'ouvrage.

NOTE «Ponts et viaducs» sont désignés par «ponts» dans la suite du texte de la présente Norme internationale.

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 de référence s'applique (y compris les éventuels 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 s'appliquent.

4 Classification

4.1 Généralités

Le comportement dynamique des ponts est fortement influencé par le type de superstructure, la conception statique et la méthode de construction, la section transversale du tablier, les conditions du support, le type de fondation et la hauteur des infrastructures (piles et culées). Dans la mesure où les essais dynamiques tiennent compte de ces caractéristiques, une classification des ponts est donnée en 4.2 à 4.4. Cette classification aide à l'établissement correct des rapports de mesures.

4.2 Type de superstructure

Les principales catégories de tablier de pont, compte tenu des matériaux utilisées dans la superstructure, sont les suivantes:

- a) tabliers de pont en béton armé (coulés *in situ* ou préfabriqués);
- b) tabliers de pont en béton précontraint (coulés *in situ* ou préfabriqués); des éléments précontraints ou postcontraints, ou bien des éléments combinés précontraints et postcontraints, sont généralement utilisés;
- c) tabliers de pont en acier (avec platelage orthotrope ou raidisseurs longitudinaux);
- d) tabliers de pont à poutres en acier composite et à dalle en béton;
- e) ponts en maçonnerie;
- f) nouveaux matériaux (par exemple béton armé par des fibres, plastique renforcé).

4.3 Conception statique, méthodes de construction et infrastructure

4.3.1 Conception statique

La conception statique et les conditions d'appui influencent le comportement dynamique de la structure et il convient d'en tenir compte dans la programmation des essais.

Considérant leur conception statique, les ponts peuvent être classés comme suit:

- a) ponts à travée unique ou ponts à travées indépendantes;
- b) viaducs à travées avec appuis aux extrémités et contraintes de manière appropriée, chaque travée étant cependant indépendante;
- c) ponts à travées multiples continues, généralement soumises à des variations significatives de la rigidité à la flexion longitudinale dans l'axe de la travée;
- d) travée continue isostatique de type Gerber; le profil longitudinal peut être à section constante ou variable;
- e) ponts à poutres en caisson;
- f) ponts en arc;

- g) ponts en treillis;
- h) ponts modulaires préfabriqués;
- i) ponts en arc à tubes en acier.

4.3.2 Méthodes de construction

L'érection des ponts fait généralement appel à différentes méthodes de construction qui peuvent avoir une incidence sur le comportement dynamique global et influencer l'établissement de modèles théoriques de la structure. Voici par exemple certaines méthodes courantes de construction:

- construction *in situ* mettant en œuvre des poutres préfabriquées en béton ou en acier et une dalle en béton (coulée *in situ* ou préfabriquée);
- construction en éléments préfabriqués à encorbellements successifs ou en échafaudage.

En outre, la conception des essais doit tenir compte des effets des renforts ou des réaménagements.

4.3.3 Type de sections transversales de tabliers

Les principales catégories de sections transversales de tabliers de pont sont les suivantes:

- dalle sur poutres transversales en acier ou en béton (généralement reliées par des poutres transversales);
- poutre en caisson unicellulaire ou multicellulaire;
- dalles transversales pleines ou creuses.

4.3.4 Type de fondations

Les principales catégories de fondations sont les suivantes:

- semelle, dalle ou béton de masse sur sols résistants ou directement sur masse rocheuse;
- fondations sur pieux ou palplanches;
- fondations sur puits bétonnés.

Le comportement des fondations de ce type et leur action sur le terrain peuvent avoir une incidence sur le degré de contrainte des structures (piles et culées), et il est suggéré d'entreprendre, dans la mesure du possible, une étude portant sur leur comportement pendant la phase de construction.

4.3.5 Piles, culées et parapets

4.3.5.1 Piles

Les systèmes de piles les plus fréquents se composent des éléments suivants:

- piles de type mural;
- piles à colonne simple (creuse ou pleine, droite ou en queue de billard);
- béquilles à colonnes multiples (creuses ou pleines, droites ou en queue de billard);
- piles en caisson.

D'autres types de piles peuvent être classés selon une combinaison des principales catégories citées précédemment.

4.3.5.2 Culées

Les systèmes de culées se composent généralement des éléments suivants:

- culées en béton armé coulé en place (pleines ou à contreforts);
- culées creuses en béton armé coulé en place;
- culées préfabriquées en béton armé;
- culée de terre mécaniquement stabilisées, par exemple renforcements des sols.

4.3.5.3 Parapets

Les parapets sont généralement construits de la manière suivante:

- en béton;
- en maçonnerie.

4.3.6 Ponts spéciaux

Les ponts spéciaux tels que les suivants nécessitent une attention particulière:

- ponts biais (avec angle du biais $> 15^\circ$);
- ponts courbes ($R/L < 10$);
- ponts en pente (avec angle de pente $> 5\%$);
- ponts à haubans;
- ponts suspendus;
- ponts mobiles (par exemple ponts tournants et levants);
- ponts flottants.

4.4 Classification fonctionnelle

Les ponts peuvent être classés selon leur fonction

- a) en ponts-routes,
- b) en ponts-rails,
- c) en passerelles,
- d) en ponts de produits et passerelles de service, ou
- e) en une combinaison des catégories susmentionnées.

5 Critères d'ordre général pour les essais

5.1 Généralités

Avant d'entreprendre les études, il est recommandé de réaliser des modèles théoriques et/ou des analyses numériques, pour déterminer l'ordre de grandeur des valeurs à mesurer. Si des études ont été réalisées sur des ouvrages similaires, il est raisonnable d'anticiper un ordre de grandeur identique en matière de valeurs. Cela pourrait s'appliquer soit à l'ensemble du pont, soit à des éléments, soit à des parties de la structure. Il convient que cette analyse initiale fournisse les valeurs probables des déplacements, déformations, fréquences propres, formes des modes et de l'amortissement en tant que lignes directrices dans le choix des éléments suivants:

- technique d'étude;
- méthode d'excitation (type et durée d'excitation, répartition spectrale);
- appareils de mesure;
- emplacement des transducteurs et/ou excitateurs.

5.2 Choix des techniques d'essai

Le choix des techniques d'essai dépend de plusieurs facteurs: gamme de fréquence, amortissement, niveau d'excitation nécessaire à une évaluation correcte de la réponse (en relation avec le degré de précision des transducteurs et le bruit ambiant).

Si le rapport signal-bruit est inférieur à 3, il convient de traiter les mesurages avec une attention particulière et d'indiquer dans le rapport les facteurs de correction adoptés et les erreurs estimées.

5.3 Choix des méthodes d'excitation

[ISO 14963:2003](https://www.iso.org/standards/sist/a07decaf1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003)

[g/standards/sist/a07decaf1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003](https://www.iso.org/standards/sist/a07decaf1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003)

5.3.1 Généralités

Dans le choix des méthodes d'excitation, il convient de considérer deux types de mouvement: mouvement libre et forcé. Dans les deux cas, des études peuvent être effectuées dans les domaines de temps, de fréquence ou de temps-fréquence.

L'excitation à l'origine du mouvement libre peut être induite par application brusque d'une charge statique ou d'un déplacement imposé, ou en tant que réponse prolongeant une excitation transitoire (y compris l'effet de véhicules en mouvement ou en freinage). L'excitation peut être «forcée sous l'action de facteurs environnementaux» ou «artificiellement forcée». La première est due au vent, à la circulation routière, aux microséismes, et présente un large spectre à caractéristique aléatoire. La deuxième est générée par une excitation commandée qui peut se révéler particulièrement utile pour concentrer l'énergie de contrainte autour de différentes fréquences propres. Cela implique l'utilisation d'un ou de plusieurs excitateurs à même d'appliquer une charge commandée dont l'amplitude et la fréquence sont connues. Ce type d'excitation peut servir à l'évaluation des caractéristiques dynamiques et des non-linéarités possibles du système.

S'agissant des passerelles, il convient de considérer l'excitation générée par le bruit des pas des piétons.

5.3.2 Type d'appareillage

Pour le choix de l'appareillage à utiliser dans le cadre des vibrations artificielles, voir 6.1. Pour sélectionner le type d'excitation, il est nécessaire d'évaluer à la fois la gamme de fréquence et les niveaux vibratoires requis.

5.3.3 Emplacements des points d'excitation

Il convient de choisir le nombre et l'emplacement des points d'excitation en fonction des modes de vibration à étudier. Il convient que ces emplacements, zones offrant une amplitude de mode maximale, tiennent compte de l'avancement de la phase de construction et de la raideur de la section résistante. Il peut s'avérer nécessaire de vérifier que la structure peut supporter la charge dynamique prévue.

5.4 Choix du système de mesure de la réponse

5.4.1 Généralités

Il convient de programmer la méthode de surveillance de la réponse en fonction des informations spécifiques à obtenir des essais. Ces informations peuvent correspondre à la mesure de l'accélération, de la vitesse, du déplacement, de la déclivité, de l'allongement ou de la déformation. Il convient de prêter une attention toute particulière à la détection des paramètres physiques relatifs à la fatigue, afin de déterminer l'étendue des déformations et contraintes subies à des points spécifiques de la structure. Ces informations revêtent une importance particulière pour l'évaluation du dommage probable local ou global.

La réponse globale est la détection directe des modes de vibration d'une pile ou culée, ou de la structure au niveau d'une ou plusieurs travées. Il suffit le plus souvent de détecter des modes de vibration déterminés, qu'ils soient verticaux, horizontaux, de torsion ou combinés. Le mesurage de la réponse globale nécessite l'installation d'appareils de mesure le long de toute la structure ou de ses éléments, en prévoyant différentes configurations pour chaque essai. Il convient de programmer cela après des études préliminaires. À cet effet, il peut se révéler nécessaire de maintenir certaines positions d'essai pour vérifier la répétabilité des mesures et mettre en corrélation les divers résultats. À basses fréquences, il est admis d'utiliser des systèmes GPS («global positioning systems») d'une précision inférieure au centimètre.

La réponse locale exige une programmation spécifique de la position des appareils de mesure, après analyse théorique des parties de la structure pendant la phase de construction (pieux de fondation, fondations en tant qu'ensemble, etc.) ou d'éléments structuraux (sections transversales, porte-à-faux, etc.).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a07decaf-1ef4-4557-9140-de72652f4f39/iso-14963-2003>

5.4.2 Mise en place des transducteurs

Pour la mesure de la réponse globale, il convient de ne pas placer les appareils de mesure sur des éléments sensibles aux vibrations locales. Il convient d'étalonner l'ensemble de la chaîne de mesure (transducteurs, conditionneurs de signaux, enregistrement) conformément aux spécifications du fabricant ou aux normes applicables (pour les transducteurs de vibrations, se reporter par exemple à l'ISO 5347 et à l'ISO 16063). Il convient de décrire dans le rapport d'essai la chaîne d'acquisition des valeurs de mesure et des données et de spécifier la gamme de fréquence du système.

Le positionnement initial des transducteurs dépend des objectifs de l'étude ainsi que du type de pont, de son état et du mode de vibration concerné. D'autres emplacements peuvent se révéler nécessaires en fonction des résultats de mesures précédemment effectuées.

5.4.3 Techniques d'installation

Il convient que la technique de fixation des transducteurs permette la reproduction des vibrations émises par l'élément auquel ils sont fixés, et ce sur le domaine de fréquence représentatif. Il convient que le système de fixation soit aussi rigide que possible pour éviter des phénomènes de résonance générés par le montage. Il convient de fixer les transducteurs conformément aux spécifications du fabricant ou aux normes applicables (pour les accéléromètres, se reporter par exemple à l'ISO 5348). Il convient de décrire lesdites fixations dans le rapport d'essai.

5.4.4 Transmission de données

Il convient d'assurer le transfert des données sans aucune altération.