
**Acoustique et vibrations — Mesurage en
laboratoire des propriétés de transfert
vibro-acoustique des éléments
élastiques —**

**Partie 1:
Principes et lignes directrices**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Acoustics and vibration — Laboratory measurement of vibro-acoustic
transfer properties of resilient elements —*

Part 1: Principles and guidelines

ISO 10846-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008>



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 10846-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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	2
3 Termes et définitions	2
4 Choix de la Norme internationale appropriée	4
5 Base théorique	5
5.1 Raideur dynamique de transfert	5
5.2 Matrice de raideur dynamique des éléments élastiques	5
5.3 Nombre de raideurs de transfert bloqué	8
5.4 Transmission latérale	8
5.5 Facteur de perte	8
6 Principes de mesurage	9
6.1 Raideur dynamique de transfert	9
6.2 Méthode directe	10
6.3 Méthode indirecte	11
6.4 Méthode du point d'application	14
Annexe A (informative) Grandeurs liées à la raideur dynamique	16
Annexe B (informative) Effet de symétrie sur la matrice de raideur de transfert	17
Annexe C (informative) Matrices simplifiées de raideur de transfert	20
Annexe D (informative) Linéarité des éléments élastiques	22
Bibliographie	23

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 10846-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*, et ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10846-1:1997), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 10846 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques*:

- *Partie 1: Principes et lignes directrices*
- *Partie 2: Méthode directe pour la détermination de la raideur dynamique en translation des supports élastiques*
- *Partie 3: Méthode indirecte pour la détermination de la raideur dynamique en translation des supports élastiques*
- *Partie 4: Raideur dynamique en translation des éléments autres que les supports élastiques*
- *Partie 5: Méthode du point d'application pour la détermination de la raideur dynamique de transfert basse fréquence en translation des supports élastiques*

Introduction

Divers types d'isolateurs de vibrations passifs sont utilisés pour réduire la transmission des vibrations. En voici quelques exemples: les dispositifs pour moteurs automobiles, supports élastiques utilisés dans le bâtiment, les montages élastiques et les accouplements d'arbres souples pour la machinerie des navires ainsi que les petits isolateurs d'appareils ménagers.

La présente partie de l'ISO 10846 sert d'introduction et de guide à l'ISO 10846-2, l'ISO 10846-3, l'ISO 10846-4 et l'ISO 10846-5, décrivant des méthodes de mesurage en laboratoire destinées à la détermination des grandeurs les plus importantes régissant la transmission des vibrations à travers des isolateurs linéaires, c'est-à-dire des raideurs dynamiques en fonction de la fréquence. La présente partie de l'ISO 10846 fournit la base théorique, le principe de ces méthodes et leurs limites ainsi qu'un guide pour choisir dans la série la Norme internationale appropriée.

Les conditions de laboratoire décrites dans toutes les parties de l'ISO 10846 comprennent, le cas échéant, l'application d'une précharge statique.

Les résultats de ces méthodes sont utiles pour les éléments élastiques destinés à empêcher les problèmes de vibration en basse fréquence et à atténuer le bruit propagé par voie solide. Toutefois, pour la caractérisation complète des éléments élastiques destinés à atténuer les vibrations basse fréquence ou l'intensité des chocs, des informations supplémentaires, qui ne sont pas fournies par ces méthodes, sont nécessaires.

ITIH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 10846-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 10846-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-d5e60e564f51/iso-10846-1-2008>

Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques —

Partie 1: Principes et lignes directrices

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10846 explique les principes de l'ISO 10846-2, l'ISO 10846-3, l'ISO 10846-4 et l'ISO 10846-5, destinées à déterminer les propriétés de transfert des éléments élastiques à partir de mesurages en laboratoire, et elle fournit une aide pour choisir la partie appropriée de l'ISO 10846. Elle s'applique aux éléments élastiques destinés à réduire:

- a) la transmission de vibrations de fréquence audible (bruit solide, 20 Hz à 20 kHz) à une structure qui peut, par exemple, rayonner un bruit propagé par voie fluide (bruit aérien, propagé par l'eau ou autre); et
- b) la transmission de vibrations de basse fréquence (généralement 1 Hz à 80 Hz) qui peuvent, par exemple, agir sur les individus ou endommager les structures de toutes dimensions lorsque la vibration est trop importante.

[ISO 10846-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-10846-1:2008)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9e9377e9-be19-4291-9621-10846-1:2008)

Les données obtenues par les méthodes de mesurage esquissées dans la présente partie de l'ISO 10846 et présentées plus en détail dans l'ISO 10846-2, l'ISO 10846-3, l'ISO 10846-4 et l'ISO 10846-5, peuvent être utilisées:

- comme informations sur les produits fournies par les fabricants et les fournisseurs;
- comme informations au cours de la mise au point du produit;
- pour le contrôle de qualité; et
- pour le calcul du transfert des vibrations à travers les éléments élastiques.

Les conditions de validité des méthodes de mesurage sont les suivantes:

- a) linéarité du comportement vibratoire des éléments élastiques (y compris les éléments élastiques ayant des caractéristiques «charge statique – déformation» non linéaires tant que ces éléments présentent une linéarité approximative du comportement vibratoire pour une précharge statique donnée), et
- b) les interfaces de contact entre l'isolateur de vibrations, la source adjacente et les structures réceptrices peuvent être considérées comme des contacts ponctuels.

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:—¹⁾, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*

Guide ISO/CEI 98-3 ²⁾, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

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

isolateur de vibrations élément élastique

isolateur conçu pour atténuer la transmission des vibrations sur une certaine plage de fréquences

Adapté de l'ISO 2041:—¹⁾, définition 2.120.

3.2

support élastique

isolateur(s) de vibrations capable(s) de soutenir une machine, un bâtiment ou tout autre type de structure

3.3

élément d'essai

élément élastique soumis à essai, comprenant des brides et des fixations auxiliaires, si elles existent

3.4

force de blocage

F_b

force dynamique à la sortie d'un isolateur de vibrations qui donne un déplacement nul en sortie

3.5

raideur dynamique au point d'application

$k_{1,1}$

rapport, fonction de la fréquence, du phaseur de la force F_1 à l'entrée d'un isolateur de vibrations, sortie bloquée, au phaseur de déplacement u_1 à l'entrée défini par la formule suivante

$$k_{1,1} = F_1 / u_1$$

NOTE 1 Les indices «1» indiquent que la force et le déplacement sont mesurés à l'entrée.

NOTE 2 La valeur de $k_{1,1}$ peut dépendre de la précharge statique, de la température, de l'humidité relative et d'autres conditions.

NOTE 3 Aux basses fréquences, $k_{1,1}$ est uniquement déterminé par les forces élastiques et de dissipation. Aux fréquences plus élevées, les forces d'inertie interviennent également.

1) À publier. (Révision de l'ISO 2041:1990)

2) Le Guide ISO/CEI 98-3 sera publié comme une réédition du *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*, 1995.

3.6**raideur dynamique au point d'application de l'isolateur de vibration inversé** $k_{2,2}$

grandeur identique à celle définie en 3.5, mais obtenue en permutant l'entrée et la sortie physiques de l'isolateur de vibrations

NOTE Aux basses fréquences, lorsque seules les forces élastiques et de dissipation déterminent la raideur au point d'application, $k_{1,1} = k_{2,2}$. Aux fréquences plus élevées, les forces d'inertie jouent également un rôle et les valeurs, $k_{1,1}$ et $k_{2,2}$ seront différentes en raison de l'asymétrie.

3.7**raideur dynamique de transfert** $k_{2,1}$

rapport, fonction de la fréquence, du phaseur de la force de blocage $\underline{F}_{2,b}$ en sortie d'un élément élastique au phaseur de déplacement \underline{u}_1 à l'entrée défini par la formule suivante

$$k_{2,1} = \underline{F}_{2,b} / \underline{u}_1$$

NOTE 1 Les indices «1» et «2» indiquent respectivement l'entrée et la sortie.

NOTE 2 La valeur de $k_{2,1}$ peut dépendre de la précharge statique, de la température et d'autres conditions.

NOTE 3 Aux basses fréquences $k_{2,1}$ est principalement déterminé par les forces élastiques et de dissipation et $k_{1,1} \approx k_{2,1}$. Aux fréquences plus élevées, les forces d'inertie de l'élément élastique jouent aussi un rôle et $k_{1,1} \neq k_{2,1}$.

3.8**facteur de perte de l'élément élastique** η

rapport de la partie imaginaire de $k_{2,1}$ à la partie réelle de $k_{2,1}$, c'est-à-dire la tangente de l'angle de phase de $k_{2,1}$, dans le domaine des basses fréquences où les forces d'inertie de l'élément sont négligeables

ISO 10846-1:2008

3.9**contact ponctuel**

zone de contact qui vibre comme la surface d'un corps rigide

3.10**linéarité**

propriété du comportement dynamique d'un élément élastique, s'il répond au principe de superposition

NOTE 1 Le principe de superposition peut être exprimé comme suite: si une grandeur d'entrée $x_1(t)$ produit une grandeur de sortie $y_1(t)$ et que, au cours d'un essai séparé, une grandeur d'entrée $x_2(t)$ produit une grandeur de sortie $y_2(t)$, il y a superposition si la grandeur d'entrée $ax_1(t) + bx_2(t)$ produit la grandeur de sortie $ay_1(t) + by_2(t)$. Cela doit être vrai quelles que soient les valeurs de a , b et $x_1(t)$, $x_2(t)$; a et b étant des constantes arbitraires.

NOTE 2 Dans la pratique, la test de linéarité ci-dessus est irréaliste et le mesurage de la raideur dynamique de transfert pour une certaine plage de niveaux d'entrée assure un contrôle limité de la linéarité. Pour une précharge spécifiée, le système peut être considéré comme linéaire si la raideur dynamique de transfert ne varie pas par rapport à sa valeur nominale. En fait, cette procédure vérifie s'il y a proportionnalité entre la réponse et l'excitation.

3.11**méthode directe**

méthode dans laquelle on mesure le déplacement, la vitesse ou l'accélération à l'entrée et la force de blocage en sortie

3.12**méthode indirecte**

méthode dans laquelle on mesure la transmissibilité des vibrations (pour le déplacement, la vitesse ou l'accélération) d'un élément élastique, la sortie étant soumise à une charge de masse connue

NOTE Le terme «méthode indirecte» permet d'inclure des charges d'impédance connue quelconque autre qu'une impédance de type masse. Cependant, la série de l'ISO 10846 ne couvre pas de telles méthodes.

3.13 méthode du point d'application

méthode dans laquelle on mesure le déplacement, la vitesse ou l'accélération à l'entrée et la force à l'entrée, l'élément élastique étant bloqué en sortie

3.14 transmission latérale

forces et accélérations en sortie, provoquées à l'entrée par l'excitateur de vibrations, mais transmises par des chemins de transmission autres que par l'élément élastique soumis à essai

3.15 fréquence limite supérieure

f_{UL}
fréquence maximale jusqu'à laquelle les résultats pour $k_{1,2}$ sont valables, conformément aux critères donnés dans les différentes parties de l'ISO 10846

4 Choix de la Norme internationale appropriée

Le Tableau 1 donne des indications globales pour le choix de la partie appropriée de l'ISO 10846.

D'autres indications sont données dans les Articles 5 et 6.

Tableau 1 — Guide de sélection

	Norme internationale et type de méthode			
	ISO 10846-2 Méthode directe	ISO 10846-3 Méthode indirecte	ISO 10846-4 Méthode directe ou indirecte	ISO 10846-5 Méthode du point d'application
Type d'élément élastique	Support	Support	Autre qu'un support	Support
Exemples	Dispositifs élastiques pour instruments, équipements, machines et constructions		Soufflets, tuyaux, accouplements d'arbre élastiques, câbles d'alimentation électrique	Voir l'ISO 10846-2 et l'ISO 10846-3
Domaine de fréquences valable	1 Hz à f_{UL} f_{UL} dépend du banc d'essai; généralement (mais sans que cela constitue une limite) $300 \text{ Hz} < f_{UL} < 500 \text{ Hz}$	f_2 à f_3 f_2 généralement (mais sans que cela constitue une limite) compris entre 20 Hz et 50 Hz. Dans le cas de dispositifs très raides $f_2 > 100 \text{ Hz}$. f_3 généralement compris entre 2 kHz et 5 kHz, mais fonction du banc d'essai	Méthode directe: voir l'ISO 10846-2; Méthode indirecte: voir l'ISO 10846-3	1 Hz à f_{UL} f_{UL} généralement (mais sans que cela constitue une limite) $< 200 \text{ Hz}$ f_{UL} dépend aussi bien du banc d'essai que des propriétés de l'élément d'essai
Composantes en translation	1, 2 ou 3	1, 2 ou 3	1, 2 ou 3	1, 2 ou 3
Composantes en rotation	Aucune	Annexe informative	Annexe informative	Aucune
Incertitude de mesure pour une probabilité d'élargissement de 95 %	À estimer selon le Guide ISO/CEI 98-3	4 dB (considérée comme la limite supérieure)	4 dB (considérée comme la limite supérieure)	À estimer selon le Guide ISO/CEI 98-3
NOTE À l'intérieur des domaines de fréquences valables et des limites d'incertitude de mesure des méthodes, la méthode directe, la méthode indirecte et la méthode du point d'application donnent le même résultat.				

5 Base théorique

5.1 Raideur dynamique de transfert

Ce chapitre explique pourquoi, pour de nombreuses applications pratiques, la raideur dynamique de transfert est la grandeur la plus appropriée pour caractériser les propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques. Il décrit également les cas particuliers pour lesquels d'autres propriétés vibro-acoustiques, non traitées dans l'ISO 10846, seraient également nécessaires.

La raideur dynamique de transfert, définie en 3.7, est déterminée par les propriétés élastiques, d'inertie et d'amortissement de l'élément élastique. Décrire les résultats d'essai en termes de propriétés de raideur, permet une approche conforme aux données relatives à la raideur statique et/ou à la raideur dynamique en basse fréquence qui sont généralement utilisées. L'importance des forces d'inertie (c'est-à-dire effets d'onde élastique dans les isolateurs) rend la raideur dynamique de transfert plus complexe en haute fréquence qu'en basse fréquence. Aux basses fréquences, seules les forces élastiques et d'amortissement sont importantes. Dans la mesure où, de manière générale, le module d'élasticité et les propriétés d'amortissement ne sont que faiblement dépendants de la fréquence dans ce domaine, cela vaut également pour la raideur dynamique en basse fréquence.

NOTE Pour de nombreux éléments élastiques, la raideur statique est différente de la raideur dynamique de transfert en basse fréquence.

En principe, la raideur dynamique de transfert des éléments élastiques vibro-acoustiques dépend de la précharge statique, de la température et de l'humidité relative. Dans la théorie qui suit, on part de l'hypothèse de linéarité définie en 3.10. Voir Annexe D pour plus de détails.

Les relations entre la raideur dynamique de transfert et d'autres grandeurs sont données à l'Annexe A. Ces relations impliquent que, pour la réalisation effective des essais, seules des considérations pratiques détermineront si l'on mesure les déplacements, les vitesses ou les accélérations. Cependant, des conversions appropriées peuvent être nécessaires pour la présentation des résultats conformément aux autres parties de l'ISO 10846 qui en traitent.

5.2 Matrice de raideur dynamique des éléments élastiques

5.2.1 Notion générale

L'utilisation des notions de matrices de raideur, de souplesse ou de transmission est une approche bien connue pour l'analyse des systèmes vibratoires complexes. Fondamentalement, les éléments de la matrice sont des formes particulières des fonctions de réponse en fréquence et décrivent des propriétés linéaires des systèmes mécaniques et acoustiques. En partant de la connaissance des propriétés des sous-systèmes individuels, on peut calculer les propriétés correspondantes de leurs assemblages. Les trois formes de matrices ci-dessus mentionnées sont interdépendantes et il est possible de passer facilement de l'une à l'autre [5]. Cependant, l'ISO 10846, destinée à établir de manière expérimentale les caractéristiques des éléments élastiques sous précharge statique, spécifie exclusivement des grandeurs du type raideur.

Le cadre conceptuel général des caractéristiques spécifiées des éléments élastiques est présenté à la Figure 1.

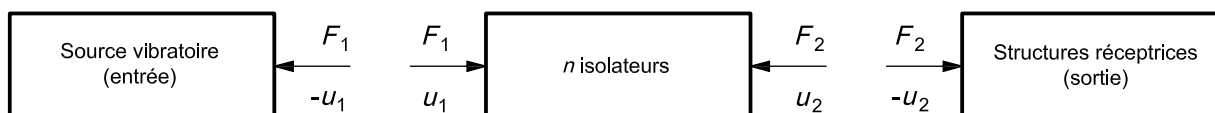


Figure 1 — Schéma fonctionnel source/isolateurs/système récepteur

Le système se compose de trois blocs qui représentent respectivement la source de vibrations, un nombre n d'isolateurs et la structure réceptrice. On suppose un contact ponctuel à chaque connexion entre la source et l'isolateur et entre l'isolateur et le récepteur. Un vecteur de force F comprenant trois forces orthogonales et trois moments orthogonaux ainsi qu'un vecteur de déplacement³⁾ u comprenant trois composantes orthogonales de translation et trois de rotation sont attribués à chaque point de connexion. La Figure 1 ne représente qu'une composante de chacun des vecteurs F_1 , u_1 , F_2 et u_2 . Ces vecteurs contiennent $6n$ éléments, où n désigne le nombre d'isolateurs.

Pour montrer que la raideur de transfert bloqué, définie en 3.7 comme étant la raideur dynamique de transfert, convient pour établir les caractéristiques des isolateurs dans de nombreux cas pratiques, l'étude ira du cas le plus simple de vibration unidirectionnelle au cas multidirectionnel pour un isolateur simple.

5.2.2 Isolateur simple, vibration unidirectionnelle

Dans le cas d'une vibration unidirectionnelle d'un isolateur de vibrations simple, l'équilibre de l'isolateur peut être exprimé par les équations de raideur suivantes:

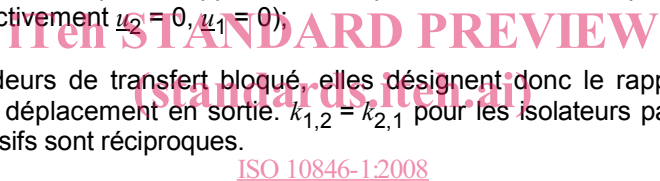
$$F_1 = k_{1,1} u_1 + k_{1,2} u_2 \tag{1}$$

$$F_2 = k_{2,1} u_1 + k_{2,2} u_2 \tag{2}$$

où

$k_{1,1}$ et $k_{2,2}$ sont les raideurs au point d'application lorsque l'isolateur est bloqué du côté opposé (c'est-à-dire respectivement $u_2 = 0, u_1 = 0$);

$k_{1,2}$ et $k_{2,1}$ sont les raideurs de transfert bloqué, elles désignent donc le rapport entre la force côté bloqué et le déplacement en sortie. $k_{1,2} = k_{2,1}$ pour les isolateurs passifs, car les isolateurs linéaires passifs sont réciproques.



Du fait des forces d'inertie, $k_{1,1}$ et $k_{2,2}$ deviennent différents en haute fréquence. En basse fréquence, seules les forces élastiques et d'amortissement jouent un rôle, rendant tous les $k_{i,j}$ égaux.

NOTE Ces équations s'appliquent à des fréquences individuelles. F_i et u_i sont des vecteurs tournants et $k_{i,j}$ sont des grandeurs complexes.

La forme de la matrice des Équations (1) et (2) est la suivante:

$$F = Ku \tag{3}$$

La matrice de raideur dynamique étant

$$K = \begin{bmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} \\ k_{2,1} & k_{2,2} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Dans le cas d'une excitation de la structure réceptrice par l'intermédiaire de l'isolateur, on a:

$$k_t = - \frac{F}{u} \tag{5}$$

où k_t désigne la raideur dynamique du point d'application, côté récepteur, et le signe moins est une conséquence de la convention adoptée à la Figure 1.

3) En algèbre linéaire: un vecteur est une combinaison linéaire d'éléments.