
**Vibrations et chocs — Détermination
expérimentale de la mobilité
mécanique —**

Partie 5:

Mesurages à partir d'une excitation par choc
appliquée par un exciteur non solidaire de la
structure

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8f68d170-416d-4784-9fe8-aa8e59668980/iso-7626-5-1994>

*Vibration and shock — Experimental determination of mechanical
mobility —*

*Part 5: Measurements using impact excitation with an exciter which is not
attached to the structure*



Sommaire

	Page
1	1
2	1
3	2
4	3
5	5
6	5
7	10
8	10
9	20

Annexes

A	23
B	25

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8f68d170-416d-4784-9fe8-aa8e59668980/iso-7626-5-1994>

© ISO 1994

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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

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 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.

La Norme internationale ISO 7626-5 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*.

L'ISO 7626 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations et chocs — Détermination expérimentale de la mobilité mécanique*.

- *Partie 1: Définitions fondamentales et transducteurs*
- *Partie 2: Mesurages avec utilisation d'une excitation de translation en un seul point, au moyen d'un générateur de vibrations solidaire de ce point*
- *Partie 3: Mesurages de la mobilité avec utilisation d'une excitation de rotation en un seul point*
- *Partie 4: Mesurages de la matrice globale de mobilité avec utilisation d'excitants liés*
- *Partie 5: Mesurages à partir d'une excitation par choc appliquée par un excitateur non solidaire de la structure*

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 7626 sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

Introduction générale à l'ISO 7626 sur le mesurage de la mobilité

Les caractéristiques dynamiques des structures peuvent être déterminées comme une fonction de la fréquence à partir des mesurages de la mobilité, ou des fonctions de réponse en fréquence correspondantes, appelées accélération et souplesse (élasticité) dynamique. Chacune de ces fonctions de réponse en fréquence est le vecteur tournant de la réponse du mouvement en un point de la structure, dû à la force (ou au moment) d'excitation. L'amplitude et la phase de ces fonctions dépendent de la fréquence.

L'accélération et la souplesse dynamique diffèrent de la mobilité uniquement dans le sens que la réponse du mouvement est exprimée respectivement en termes d'accélération et de déplacement au lieu d'apparaître en termes de vitesse. Pour simplifier les différentes parties de l'ISO 7626, on utilisera uniquement le terme «mobilité». Il est néanmoins entendu que toutes les méthodes d'essai et les exigences requises s'appliquent également à la détermination de l'accélération et de la souplesse dynamique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8f68d170-416d-4784-9fe8-aa8e59668980/iso-7626-5-1994>

Les mesurages de la mobilité servent en général à:

- a) prévoir la réponse dynamique des structures à une excitation d'entrée connue ou supposée;
- b) déterminer les propriétés modales d'une structure (fréquences naturelles, formes de mode et taux d'amortissement);
- c) prévoir l'interaction dynamique de structures interconnectées;
- d) vérifier la validité et améliorer l'exactitude des modèles mathématiques des structures;
- e) déterminer les propriétés dynamiques (c'est-à-dire le module complexe d'élasticité) des matériaux sous une forme pure ou composite.

Pour certaines applications, une description complète des caractéristiques dynamiques peut être requise à l'aide des mesures des forces de translation et des mouvements le long de trois axes orthogonaux, de même que des mesures de moments et mouvements de rotation autour de ces trois axes. Cet ensemble de mesures fournit une matrice de mobilité 6×6 pour chaque endroit examiné. Pour N endroits d'une structure, le système aura ainsi une matrice générale de mobilité correspondant à $6N \times 6N$.

En pratique et dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire de connaître la matrice $6N \times 6N$ toute entière. Il est souvent suffisant de mesurer la mobilité du point d'application et quelques mobilités de transfert par excitation d'un seul point dans une seule direction, puis de mesurer la réponse

translationnelle aux points critiques de la structure. Dans d'autres applications, seules des mobilités rotationnelles peuvent présenter de l'intérêt.

Pour simplifier l'utilisation des différentes parties de l'ISO 7626 lors de mesurages variés de la mobilité, effectués dans la pratique, l'ISO 7626 est publiée sous forme d'un ensemble de cinq parties séparées.

L'ISO 7626-1 concerne les définitions fondamentales et les transducteurs. Les informations fournies dans l'ISO 7626-1 sont communes à la plupart des opérations de mesurage de la mobilité.

L'ISO 7626-2 concerne les mesurages de la mobilité à partir d'une excitation translationnelle en un seul point à l'aide d'un générateur de vibrations solidaire de ce point.

L'ISO 7626-3 concerne les mesurages de la mobilité à partir d'une excitation rotationnelle en un seul point à l'aide d'un générateur de vibrations solidaire de ce point. Les informations fournies servent surtout à prédire la résonance en rotation d'un système rotor.

L'ISO 7626-4 concerne les mesurages de la matrice de mobilité toute entière à l'aide de générateurs de vibrations solidaires. Ceci inclut les termes rendant compte des excitations translationnelles, rotationnelles et leurs combinaisons pour la matrice 6×6 à chaque endroit de la structure.

L'ISO 7626-5 (la présente partie de l'ISO 7626) concerne les mesurages de la mobilité à partir d'une excitation d'impact à l'aide d'un générateur non fixé à la structure.

La mobilité mécanique est définie comme la fonction de réponse en fréquence formée par le rapport du vecteur tournant de la réponse en vitesse, en translation et en rotation, au vecteur tournant de la force ou du moment d'excitation appliqués. Si la réponse est mesurée avec un accéléromètre, la conversion en vitesse est nécessaire pour obtenir la mobilité. Une autre solution est d'utiliser le rapport d'accélération à la force, appelé accélération, pour caractériser une structure. Dans d'autres cas, on peut aussi utiliser la souplesse dynamique, à savoir le rapport du déplacement à la force.

NOTE 1 Antérieurement, les fonctions de réponse en fréquence des structures ont souvent été exprimées par des *inverses* d'une des caractéristiques mentionnées ci-dessus. L'inverse de la mobilité mécanique a souvent été nommé impédance mécanique. Il convient toutefois de noter qu'une confusion est possible, due à l'utilisation de l'inverse de la mobilité qui, en général, n'est pas égal au terme correspondant de la matrice impédance. Les grandeurs qui permettent la détermination de la mobilité ne peuvent être utilisées directement pour la détermination de l'impédance; la matrice de la mobilité et la matrice de l'impédance doivent donc être inverties réciproquement pour obtenir la compatibilité des grandeurs. Ce point est traité dans l'ISO 7626-1:1986, annexe A.

Introduction à la présente partie de l'ISO 7626

La méthode d'excitation par choc est aujourd'hui largement utilisée pour mesurer la réponse en fréquence des structures, en raison de sa rapidité et d'un coût de mise en œuvre relativement peu élevé. Cependant, l'exactitude des déterminations de la mobilité effectuées par cette méthode dépend fortement des caractéristiques de la structure essayée et des méthodes expérimentales utilisées. Il est donc parfois difficile, et dans certains cas impossible, d'obtenir une exactitude équivalente à celle que l'on peut atteindre avec des méthodes d'excitation continue avec excitateur solidaire de la structure; par ailleurs, le risque de commettre des erreurs grossières de mesurage est plus important avec une excitation par choc. (Voir [7]). Malgré ces limites, cette méthode peut s'avérer extrêmement utile lorsqu'elle est appliquée convenablement.

La présente partie de l'ISO 7626 constitue un guide d'utilisation de la technique d'excitation par choc pour la détermination de la mobilité. En matière de mesurages de mobilité, il est toujours nécessaire, pour obtenir des résultats précis, d'être très attentif au choix des équipements et aux techniques de mesurage utilisées; ces facteurs sont particulièrement importants dans le cas de la méthode d'excitation par choc. Par ailleurs, les caractéristiques de la structure soumise à l'essai, notamment son degré de non-linéarité, limitent l'exactitude pouvant être atteinte. Ces limites d'utilisation de la méthode d'excitation par choc sont décrites dans le paragraphe 4.2.

L'excitateur n'étant pas solidaire de la structure, cette méthode se prête bien au mesurage d'une série de valeurs de la mobilité de transfert d'une structure, réalisé en déplaçant successivement l'excitation en chacun des points que l'on souhaite étudier tandis que la position et la direction du transducteur qui enregistre la réponse dynamique restent fixes. D'après le principe de réciprocité dynamique, et dans l'hypothèse de linéarité du système, les résultats ainsi obtenus doivent normalement être égaux à ceux de mesurages réalisés en plaçant un excitateur solidaire de la structure en un point et dans une direction fixes et en déplaçant le transducteur de réponse. Il peut cependant être difficile, en certains points, d'appliquer le choc à la structure dans toutes les directions souhaitées; dans ce cas, il est parfois plus pratique d'appliquer une excitation par choc au point et selon la direction fixes et de déplacer un transducteur multidirectionnel aux points où l'on souhaite mesurer la réponse de la structure.

NOTE 2 L'utilisation d'un transducteur de réponse multidirectionnel en un point fixe ne fournit pas de données sur la réponse multidirectionnelle en d'autres points. Si l'on emploie, par exemple, un transducteur de réponse fixe pour des mesurages destinés à une analyse modale, et si le choc est appliqué en chaque point suivant une direction unique, seules les composantes modales correspondant à cette direction seront obtenues.

[ISO 7626-5:1994](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8f68d170-416d-4784-9fe8-aa8e59668980/iso-7626-5-1994)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8f68d170-416d-4784-9fe8-aa8e59668980/iso-7626-5-1994>

Vibrations et chocs — Détermination expérimentale de la mobilité mécanique —

Partie 5:

Mesurages à partir d'une excitation par choc appliquée par un excitateur non solidaire de la structure

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7626 prescrit des procédures recommandées pour la détermination de la mobilité mécanique, ou d'autres fonctions de réponse en fréquence, de structures excitées par une force impulsionnelle de translation, générée par un excitateur non solidaire de la structure soumise à l'essai.

Elle s'applique au mesurage par la méthode d'excitation par choc des valeurs directes ou de transfert de la mobilité, de l'accélération ou de la souplesse dynamique. D'autres méthodes d'excitation, telles que l'excitation par relaxation progressive et l'excitation aléatoire transitoire, posent des problèmes similaires de traitement du signal. Elle sont cependant exclues du cadre de la présente partie de l'ISO 7626, car elles impliquent l'utilisation d'excitateurs solidaires de la structure.

Les méthodes d'analyse du signal décrites ici font intervenir la transformation de Fourier discrète. L'unique raison d'être de cette restriction est l'existence de nombreux matériels permettant la mise en œuvre de ces méthodes et l'importance de l'expérience acquise dans leur utilisation. Elle ne vise en aucun cas à exclure l'utilisation d'autres méthodes actuellement en cours de mise au point.

La méthode d'excitation par choc est également largement utilisée pour obtenir des valeurs approchées de la réponse en fréquence des structures. Par exemple, un essai rapide permettant de déterminer approximativement les fréquences et les modes propres peut être d'une grande utilité pour préparer un

essai par excitation sinusoïdale ou aléatoire permettant un mesurage précis de la mobilité. Il convient cependant de ne pas confondre ces utilisations de la méthode d'excitation par choc, qui visent à l'obtention de résultats qualitatifs, avec son application aux mesurages de mobilité. La présente partie de l'ISO 7626 s'applique uniquement aux utilisations des techniques d'excitation par choc dont l'objectif est le mesurage précis de la mobilité.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 7626. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 7626 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 2041:1990, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*.

ISO 7626-1:1986, *Vibrations et chocs — Détermination expérimentale de la mobilité mécanique — Partie 1: Définitions fondamentales et transducteurs*.

ISO 7626-2:1990, *Vibrations et chocs — Détermination expérimentale de la mobilité mécanique — Partie 2: Mesurages avec utilisation d'une excitation*

de translation en un seul point, au moyen d'un générateur de vibrations solide de ce point.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 7626, les définitions données dans l'ISO 2041 s'appliquent. Pour plus de commodité, les plus importantes de ces définitions employées dans la présente partie de l'ISO 7626 sont données ci-dessous.

3.1 fonction de réponse en fréquence (fonction de transfert): Rapport sélectif entre le vecteur tournant de réponse au mouvement et le vecteur tournant de la force d'excitation.

NOTES

3 Les fonctions de réponse en fréquence sont des propriétés des systèmes dynamiques linéaires qui ne dépendent pas du type de fonction d'excitation. L'excitation peut être une fonction du temps harmonique, aléatoire ou transitoire. Les résultats d'essai obtenus avec un type d'excitation peuvent donc être utilisés pour prévoir la réponse du système à tout autre type d'excitation.

4 La linéarité du système est une condition qui, dans la pratique, n'est respectée que de façon approximative selon le type de système et l'amplitude de l'entrée. Il faudrait prendre soin d'éviter les effets non linéaires, surtout lorsqu'on applique une excitation impulsionnelle. Les structures qui sont reconnues comme non linéaires (par exemple certaines structures rivetées) ne devraient pas être soumises à des essais avec une excitation impulsionnelle et il convient de faire très attention lorsqu'on utilise une excitation aléatoire pour essayer ces structures.

5 Le mouvement peut s'exprimer en termes de vitesse, d'accélération ou de déplacement. Les désignations correspondantes de la fonction de réponse en fréquence sont respectivement la mobilité, l'accélération et la souplesse dynamique ou l'impédance, la masse effective et la raideur dynamique.

[ISO 2041-1.48]

6 Dans l'hypothèse de linéarité, la fonction de transfert décrivant la réponse du système peut être définie de la même manière pour une excitation transitoire, comme le rapport complexe des transformées de Fourier de la réponse et de la force d'excitation. En pratique, on utilise la transformée de Fourier discrète (TFD) comme approximation de la transformée de Fourier continue. L'erreur résultante peut être ramenée à une valeur inférieure à celle des autres erreurs de mesurage. L'utilisation de la TFD ne limite donc pas nécessairement l'exactitude du mesurage.

3.2 domaine de fréquence représentatif: Intervalle en hertz partant de la fréquence la plus basse pour aller à la fréquence la plus haute auxquelles, par exemple, on doit obtenir les données de mobilité dans une série d'essais donnée.

[ISO 2041, 1.49]

3.3 mobilité (mécanique) directe; mobilité (mécanique) au point d'application, Y_{jj} : Rapport complexe d'une vitesse et d'une force mesurées au même point dans un système mécanique pendant un mouvement harmonique simple.

NOTES

7 La mobilité du point d'application est la fonction de réponse en fréquence constituée par le rapport, en mètres par newton seconde, du vecteur tournant de la réponse en vitesse au point j , au vecteur tournant de la force d'excitation appliquée au même point, tous les autres points de mesure de la structure pouvant répondre librement sans aucune autre contrainte que celle que représente le support normal de la structure dans l'application prévue pour cette structure.

8 Le terme «point» désigne un emplacement et une direction. Le terme «coordonnée» a également été utilisé avec la même signification que «point».

[ISO 2041, 1.51]

3.4 amplitude de la mobilité moyenne en fréquence: Valeur quadratique moyenne du rapport, en mètres par newton seconde, de l'amplitude de la réponse en vitesse au point i , à l'amplitude de la force d'excitation au même point, moyennée sur des bandes de fréquences spécifiées.

[ISO 2041, 1.52]

3.5 mobilité (mécanique) de transfert: Rapport complexe de la vitesse prise en un point d'un système mécanique à la force mesurée en un autre point dans le même système pendant un mouvement harmonique simple.

NOTE 9 La mobilité de transfert est la fonction de réponse en fréquence constituée par le rapport, exprimé en mètres par newton seconde, du vecteur tournant de la réponse en vitesse au point i , au vecteur tournant de la force d'excitation appliquée au point j , tous les points autres que j pouvant répondre librement sans autre contrainte que celle que représente le support normal de la structure dans l'application prévue pour cette structure.

[ISO 2041, 1.53]

3.6 densité spectrale d'énergie: Densité spectrale de puissance multipliée par la durée, en secondes, de l'enregistrement utilisé pour calculer le spectre d'un signal transitoire.

NOTE 10 Dans cette définition, le signal transitoire est par hypothèse entièrement contenu dans l'enregistrement. Cette condition est nécessaire pour obtenir une amplitude spectrale indépendante de la durée de l'enregistrement utilisée dans la transformation de Fourier finie.

4 Caractéristiques générales des mesurages par la méthode d'excitation par choc

4.1 Description générale

Les instruments de mesure nécessaires à la détermination de la mobilité par la méthode d'excitation par choc comprennent un dispositif d'application de chocs avec transducteur de force intégré, un ou plusieurs transducteurs de réponse (en mouvement) et les conditionneurs de signal associés, et un système

d'analyse numérique, ou un analyseur, réalisant la transformation de Fourier discrète et comportant au moins deux canaux d'entrée simultanés. Le dispositif de mesurage est représenté schématiquement à la figure 1. La présente partie de l'ISO 7626 fournit des informations sur le choix et l'utilisation des éléments composants de ce dispositif.

Les signaux représentatifs de la force et de la réponse (signaux force et réponse) obtenus après chaque choc sont filtrés de façon à supprimer les erreurs de repliement, puis font l'objet d'un échantillonnage numérique effectué en utilisant l'analyseur en mode enregistrement de signaux transitoires. Chacun des enregistrements numériques obtenus doit normalement représenter un seul événement (choc). L'analyseur calcule la transformée de Fourier discrète de chacun des enregistrements. Pour améliorer la qualité de l'estimation, on peut effectuer un moyennage, qui est fonction de la fréquence, des fonctions de réponse en fréquence obtenues en appliquant plusieurs chocs successifs en un point donné.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

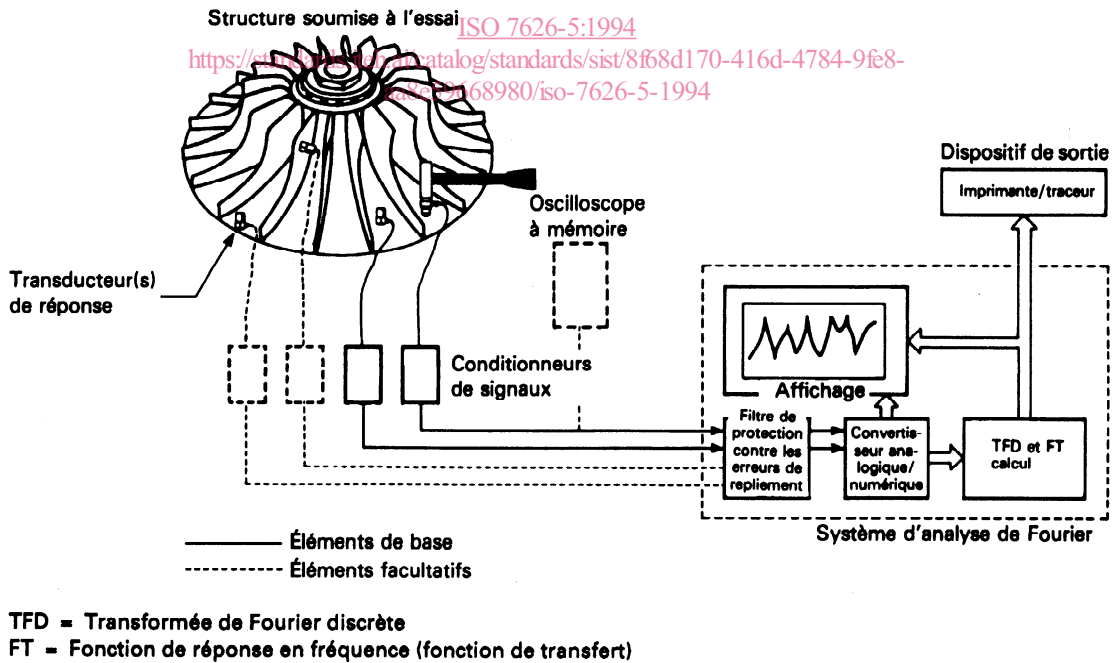


Figure 1 — Schéma fonctionnel du dispositif utilisé dans la méthode d'excitation par choc

4.2 Avantages et limites de la méthode d'excitation par choc

Comparée aux méthodes utilisant un excitateur solidaire de la structure, la technique d'excitation par choc offre les avantages suivants:

- a) rapidité du mesurage;
- b) facilité d'installation;
- c) facilité de déplacement du point d'excitation;
- d) réduction au minimum de la surcharge apportée par l'excitateur.

Les inconvénients suivants de l'excitation par choc doivent toutefois être pris en considération:

- a) restrictions liées à la non-linéarité;
- b) problèmes relatifs au rapport signal/bruit;
- c) limites de résolution en fréquence;
- d) restrictions liées à l'amortissement;
- e) influence de la dextérité de l'opérateur.

Ces limites font l'objet d'une discussion en 4.2.1 à 4.2.5.

4.2.1 Restrictions liées à la non-linéarité

La détermination de la mobilité des structures présentant un important degré de non-linéarité exige toujours certaines précautions. Dans de tels cas, il est préférable d'appliquer, si possible, une excitation sinusoïdale ou aléatoire avec un excitateur solidaire de la structure plutôt que d'utiliser la technique d'excitation par choc.

Avec la technique d'excitation par choc, l'énergie nécessaire pour porter le signal réponse à une certaine amplitude n'est apportée à la structure que pendant une fraction limitée de la durée de l'analyse. La force appliquée lors du choc doit donc être bien plus importante que dans le cas d'une excitation sinusoïdale ou aléatoire, et les effets de la non-linéarité s'en trouvent accrus.

Il est très important, lors des mesurages effectués sur des systèmes présentant un important degré de non-linéarité, d'avoir un enregistrement de la force d'excitation et un enregistrement de la réponse du système. De ce point de vue, il est donc préférable d'appliquer une excitation sinusoïdale. Si le choc est appliqué manuellement, avec un marteau, l'amplitude

de la force peut varier sensiblement d'un essai à l'autre. La répétabilité des mesurages sera donc médiocre pour les systèmes non linéaires.

4.2.2 Problèmes relatifs au rapport signal/bruit

Comme le niveau moyen des signaux obtenus lors des mesurages par choc est faible au regard du niveau de crête, la technique d'excitation par choc nécessite un environnement d'essai très peu bruyant et un système de mesurage possédant une gamme dynamique aussi étendue que possible. Cet impératif peut exclure la possibilité d'utiliser les techniques courantes d'enregistrement analogique sur bandes magnétiques.

Le bruit peut poser un problème important, car la durée du signal force est courte comparée à la durée totale de l'enregistrement. La valeur quadratique moyenne du bruit électrique produit par les instruments et du bruit de fond d'origine mécanique peut par conséquent devenir non négligeable par rapport à celle de la force appliquée. L'application de fenêtres selon les méthodes décrites en 8.5 peut permettre de réduire ce bruit.

4.2.3 Limites de résolution en fréquence

L'intervalle, en hertz, séparant deux fréquences discrètes à l'issue d'une transformation de Fourier discrète (y compris dans le cas d'une analyse restreinte à une bande de largeur limitée, dite de type «zoom»), est égal à l'inverse de la durée de l'enregistrement, en secondes. Comme chaque enregistrement représente un seul choc, sa durée est effectivement limitée au temps nécessaire pour que la réponse de la structure à l'impulsion s'amortisse jusqu'à atteindre le niveau du bruit de fond. La résolution en fréquence pouvant être obtenue dépend par conséquent à la fois de la réponse de la structure et du niveau du bruit de fond. Dans certains cas, il peut être difficile (et inutile) d'utiliser la méthode d'excitation par choc pour obtenir directement la résolution en fréquence prescrite dans l'ISO 7626-2. Il est cependant possible d'obtenir des valeurs précises de la mobilité à des fréquences discrètes avec une résolution suffisante pour la plupart des applications. Si la structure soumise à l'essai présente une densité modale élevée (c'est-à-dire plusieurs résonances sur une bande de fréquence étroite), il peut être difficile d'obtenir une résolution suffisante pour réaliser un mesurage précis de la mobilité. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser l'une des méthodes d'excitation continue, avec analyse de type «zoom».

Le spectre d'un choc s'étend, par définition, de la fréquence nulle (valeur moyenne) à une limite supé-

rieure donnée. (Voir article 6.) Cette impossibilité de limiter la largeur du spectre de l'excitation restreint l'utilité de l'analyse de type «zoom» pour améliorer la résolution en fréquence des mesurages et impose des contraintes supplémentaires quant à la gamme dynamique du système de mesurage. Elle augmente également le risque de surcharges non détectées dans le système de mesurage (écrêtage) qui résultent de l'existence de signaux hors-bande d'amplitude élevée. (Voir 6.3 et 8.4.)

4.2.4 Restrictions liées à l'amortissement

Une des limites de la technique d'excitation par choc concerne son application aux structures fortement amorties car, dans ce cas, la courte durée du signal réponse nécessite de trouver un compromis entre la résolution en fréquence et le niveau du bruit de fond, problème discuté en 4.2.3. Cette limite peut également être interprétée comme une conséquence de la faiblesse intrinsèque du niveau d'énergie moyen associé à une amplitude donnée de la force d'excitation. Dans le cas de structures fortement amorties, une excitation continue apportant à la structure davantage d'énergie peut être nécessaire pour contrebalancer la forte dissipation énergétique interne et obtenir une réponse suffisante pour permettre un mesurage précis.

Les structures caractérisées par un très faible amortissement posent un autre type de problème. Leurs fonctions de réponse en fréquence présentent des pics de résonance très aigus qui ne peuvent être définis avec exactitude qu'au moyen de mesurages de type «zoom» à haute résolution (voir 4.2.3). Il peut être utile d'appliquer au signal une fenêtre exponentielle, qui permet d'introduire un amortissement artificiel de valeur connue. Dans ce cas, il faut ensuite corriger les valeurs de la mobilité obtenues, suivant la méthode décrite en 8.5 et dans l'annexe A.

4.2.5 Influence de la dextérité de l'opérateur

L'exactitude des mesurages de mobilité effectués en appliquant un choc manuellement, avec un marteau spécial, dépend de l'aptitude de l'opérateur à porter le coup à l'emplacement correct et suivant la bonne direction. En principe, les écarts peuvent être maintenus dans des limites acceptables si les coups sont portés avec soin, mais ils peuvent être significatifs si la structure soumise à l'essai est de petite taille et exige donc une décomposition spatiale fine.

La dextérité de l'opérateur intervient également pour éviter les rebonds du système d'application du choc (voir 6.4).

5 Support de la structure soumise à l'essai

Suivant l'objet assigné à l'essai, les mesurages de mobilité peuvent être réalisés sur des structures dépourvues d'appui au sol (librement suspendues) ou bien sur des structures ayant un appui au sol (fixées sur un ou plusieurs supports).

5.1 Mesurages sur une structure sans appui au sol

Pour effectuer ce type de mesurages, on utilise un mode de suspension souple de la structure soumise à l'essai. La valeur de tous les éléments figurant dans la matrice de mobilité directe de la suspension, au(x) point(s) où elle est fixée à la structure soumise à l'essai, devrait être dix fois supérieure au moins à celle des éléments correspondants de la matrice de mobilité de la structure au(x) même(s) point(s) de fixation.

5.2 Mesurages sur une structure avec appui au sol

Sauf prescription contraire, le mode de support de la structure soumise à l'essai, lors de ce type de mesurages, doit être représentatif de son mode de support lors d'applications type. Il convient d'inclure dans le rapport d'essai une description du mode de support et de fixation.

6 Application de l'excitation

6.1 Conception du système d'application du choc

Un système type d'application de chocs se compose d'une masse rigide à l'une des extrémités de laquelle est fixé un transducteur de force, portant lui-même sur son autre face une tête d'impact, comme représenté à la figure 2. La rigidité de la tête et la masse du système d'application de chocs doivent être choisies conformément à 6.3, afin d'obtenir une impulsion de durée voulue et d'éviter les rebonds.

Les systèmes d'application de chocs de masse faible sont souvent des marteaux tenus à la main et complétés par des têtes et des masses interchangeables. Cependant, l'exactitude obtenue avec un système d'application manuelle du choc dépend de la capacité de l'opérateur à porter le coup au point voulu et selon la bonne direction. Pour les structures de petite taille, il peut être nécessaire d'utiliser un dispositif mécanique approprié pour guider le marteau, de façon à

pouvoir répéter l'application du choc en un point et suivant une direction donnés.

Dans le cas de structures de grande taille, auxquelles doit être apportée une quantité d'énergie plus importante, le marteau peut être remplacé par une masse de grandes dimensions suspendue par des câbles, et qu'on laisse tomber ou osciller. Il est également possible d'utiliser une masse plus petite, mais accélérée par un ressort, un solénoïde, un dispositif pneumatique ou tout autre moyen, de façon à obtenir une vitesse de choc élevée.

L'aire de la surface d'impact de la tête devrait être suffisamment grande pour qu'elle puisse résister à la force maximale exercée sans que se produise une déformation permanente de la tête ou de la structure soumise à l'essai. Par ailleurs, il peut être nécessaire d'utiliser une petite surface d'impact s'il faut obtenir une réduction spatiale très fine des points d'application du choc. Au moment du choc, le vecteur vitesse du système d'application du choc devrait normalement être aligné sur l'axe de sensibilité du transducteur de force et perpendiculaire, à 10° près, à la surface de la structure soumise à l'essai. Il est en

général plus facile de garder la bonne orientation si le système d'application du choc a un corps relativement long au regard des dimensions de sa section transversale.

6.2 Caractéristiques du spectre de la force

Une impulsion théorique de durée infinitésimale contient la même énergie à toutes les fréquences. Cependant, le spectre de toute impulsion réelle a une largeur de bande utile finie qui est inversement proportionnelle à la durée de l'impulsion. Cette relation peut être utilement utilisée pour concentrer l'énergie d'excitation sur les fréquences comprises dans la gamme de fréquences considérée. En pratique, le spectre d'une impulsion isolée est typiquement formé d'un lobe principal situé dans les basses fréquences et suivi de lobes secondaires dont les amplitudes décroissent rapidement lorsque la fréquence augmente. La figure 3 représente une impulsion d'entrée et la densité spectrale d'énergie correspondante. La plage de fréquences utile de cette impulsion peut s'étendre jusqu'à environ 1 000 Hz suivant les caractéristiques de réponse de la structure soumise à l'essai.

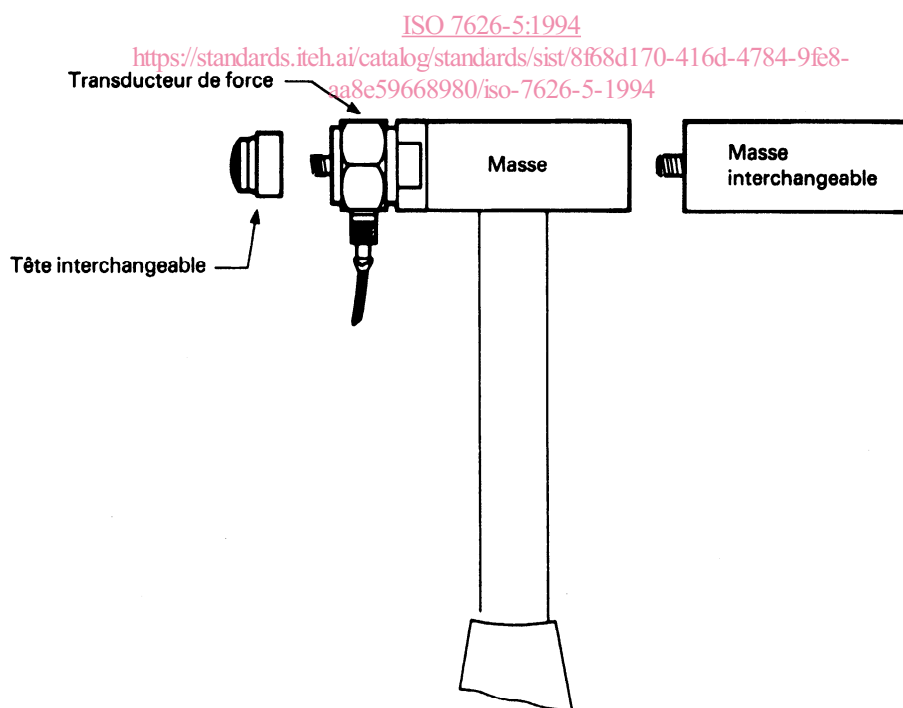


Figure 2 — Système type d'application de chocs