

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH 718 128 B1**

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(51) Int. Cl.: **G01H 13/00** (2006.01)
G01H 11/06 (2006.01)
F41H 1/02 (2006.01)
F41H 1/04 (2006.01)
F41H 5/08 (2006.01)

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 001538/2020

(22) Date de dépôt: 04.12.2020

(43) Demande publiée: 15.06.2022

(24) Brevet délivré: 15.08.2024

(45) Fascicule du brevet publié: 15.08.2024

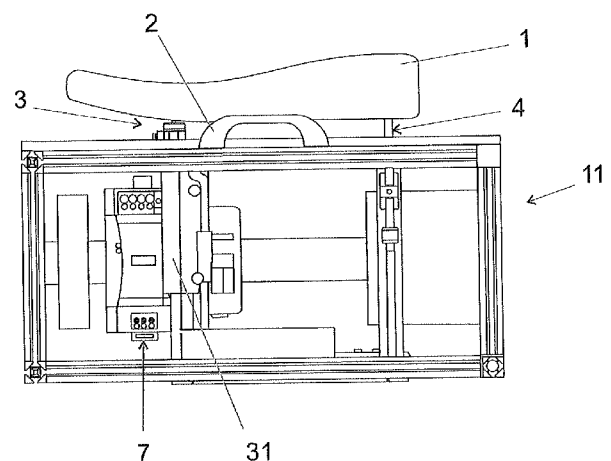
(73) Titulaire(s):
Haute Ecole Arc, Espace de l'Europe 11
2000 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeur(s):
David Thévenaz, 3186 Guin (CH)
Douglas Vuille, 2022 Bevaix (CH)
Hans-Ueli Johnner, 32150 Sangkha (Surin) (TH)
Jean-Daniel Lüthi, 1773 Russey (CH)
Nicolas Moutarlier, 25130 Villers-le-Lac (FR)
Patrick Folly, 3186 Guin (CH)
Philippe Drapela, 3634 Thierachern (CH)
Quentin Fatton, 2115 Buttes (CH)

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé et dispositif de test pour équipements de protection.**

(57) La présente invention concerne un procédé de test pour tester un équipement de protection (1) constitué d'une combinaison de matériaux. Le procédé comprend une étape de percussion consistant à choquer l'équipement de protection (1) à l'aide d'un outil de percussion mécanique (3). Les vibrations naturelles sont collectées par un microphone (4) et le profil de réponse résultant est ensuite analysé pour déterminer si l'équipement de protection correspond ou non à des normes de performances prédéterminées. La présente invention couvre également une méthode de gestion de l'équipement de protection d'une unité et un dispositif de test portatif (11) permettant de mettre facilement en œuvre la méthode sur ou à proximité du théâtre des opérations.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une méthode rapide et fiable pour tester des équipements de sécurité, tels que gilet pare-balles, casque ou bouclier de protection.

Etat de la technique

[0002] Les dispositifs portables sont couramment utilisés pour la protection des Hommes lors d'opérations dangereuses. De tels équipements sont notamment utilisés lors d'opérations militaires, ou d'interventions policières contre des manifestants, ou toute autre confrontation humaine. Les équipements de protection comprennent par exemple un casque, un bouclier de protection, ou une plaque de protection contre les balles, directement placés sur le corps. Il est primordial que l'équipement de protection soit pleinement opérationnel et résiste aux projectiles, aux chocs, ou à toute arme pouvant être utilisée contre l'utilisateur.

[0003] L'analyse optique utilisant la technologie des rayons X est connue pour étudier certains défauts des matériaux. Cette technologie permet d'identifier certains défauts structuraux visibles tels que les fractures, les impacts, l'usure superficielle ou les défauts connexes. Cependant, certains défauts peuvent être difficiles à visualiser par radiographie 2D aux rayons X, par exemple les fissures dans l'axe longitudinal des plaques balistiques. Il est donc possible qu'un équipement de protection semble bon et opérationnel après une inspection visuelle et une analyse aux rayons X, alors que sa structure globale est fragilisée et ne résisterait pas à de forts impacts. De plus, l'analyse aux rayons X nécessite généralement une installation coûteuse et une personne qualifiée est nécessaire pour pouvoir utiliser un outil aussi complexe et interpréter correctement les images. De plus, l'irradiation aux rayons X représente un risque qui doit être strictement géré.

[0004] Les technologies acoustiques sont également connues, par exemple dans l'industrie, pour le test de qualité des pièces fabriquées. Des ultrasons ou même des faisceaux laser peuvent être utilisés pour impacter la pièce, qui vibre en réponse à cette activation. Une telle méthode nécessite également des équipements coûteux et est généralement appliquée pour des mesures très précises ou pour des petites pièces mécaniques ayant des dimensions très précises.

[0005] Les équipements de protection portables ne concernent généralement pas des pièces mécaniques précises et ne nécessitent donc pas d'outils de mesure sophistiqués comme ceux utilisés actuellement dans l'industrie mécanique.

[0006] Les équipements de protection, et en particulier les plaques de protection balistique, sont généralement constitués d'une combinaison de matériaux tels qu'une plaque en céramique renforcée par des fibres polymères ou d'autres matériaux plastiques sur sa surface. La structure des plaques balistiques typiques est complexe par rapport aux objets métalliques habituels ou à d'autres matériaux conventionnels. En outre, les caractéristiques de ces systèmes peuvent être très spécifiques à une conception donnée, de sorte qu'une méthode d'essai optimisée pour un objet spécifique peut ne pas être directement applicable à un autre objet similaire. Des différences peuvent même exister entre plusieurs lots de production.

[0007] En ce qui concerne la logistique des unités opérationnelles telles que les unités militaires, les unités de police et unités mobiles similaires, il est crucial que chacun des équipements de protection soit qualifié de manière fiable comme ayant de bonnes performances de protection. Les opérations de test de l'équipement de protection sont généralement effectuées dans un lieu spécifique éloigné, de manière centralisée, avec du matériel lourd et coûteux. Le coût de l'envoi de l'équipement de protection à tester et de son retour sur le théâtre des opérations peut limiter la facilité ou l'efficacité du test de qualité. De plus, lorsqu'un lot d'équipement de protection testé, qui s'est avéré être en bon état, est renvoyé, il existe un risque qu'il soit endommagé lors du transport.

[0008] Il existe donc un besoin de développer une méthode d'essai spécifiquement adaptée à de tels équipements de protection, qui soit fiable et bon marché. Il est également nécessaire de développer une méthode facilement adaptable à plusieurs types ou applicable à des équipements de protection supplémentaires, y compris les équipements de protection constitués de matériaux multicouches.

Bref résumé de l'invention

[0009] Un objectif de la présente invention est de fournir une méthode pour tester les équipements de sécurité, tels que les casques ou les plaques de protection contre les balles, qui permette de déterminer de manière fiable leurs performances de résistance. Les équipements de sécurité, ou équipements de protection, désignent de préférence des équipements vestimentaires utilisés contre des impacts forts pour protéger le corps. Ils peuvent également désigner des équipements disposés à distance des utilisateurs, tels que des écrans de protection ou équivalents, pour les protéger. Bien que se rapportant de préférence à des équipements militaires, les équipements de protection décrits ici sont également applicables à des activités civiles où les personnes doivent être protégées contre des projections ou des impacts dangereux. En plus de la protection des personnes, l'équipement de protection décrit ici peut être appliqué à la protection de véhicules ou même de parties de bâtiments.

[0010] Un autre but de l'invention est de fournir une méthode précise pour tester un matériau, et en particulier les matériaux céramiques et multicomposants, de manière non destructive, en combinaison, en complément ou en remplacement de l'imagerie à rayons X traditionnelle ou d'autres méthodes de test habituelles.

[0011] Un autre but de la présente invention est de fournir une méthode pour tester les équipements de protection, en particulier ceux comprenant ou faits de matériaux céramiques ou multi-composants, qui soit rapide et fiable, et facilement applicable sur le site des opérations.

[0012] Un autre objectif de la présente divulgation est de fournir une méthode qui est flexible et facilement adaptable à une variété d'équipements de protection différents.

[0013] Un autre objectif de la présente divulgation est de fournir une méthode de gestion des équipements de protection, en particulier en ce qui concerne la gestion du cycle de vie et la planification des remplacements.

[0014] Un autre but de la présente invention est de fournir une méthode permettant une logistique performante des équipements de protection, et permettant de certifier sur place la qualité de ces équipements.

[0015] Selon l'invention, ces objectifs sont atteints par l'objet des revendications indépendantes ci-jointes, et décrit plus en détail par les revendications dépendantes.

[0016] Par rapport à l'état de l'art, l'invention offre l'avantage d'une méthode d'essai non destructive spécifique, facilement applicable sur site à peu de frais. La présente méthode est en outre polyvalente et applicable à une variété de matériaux différents, y compris les matériaux à base de céramique.

Brève description des figures

[0017] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures dans lesquelles :

- Figure 1 : Représentation schématique des étapes b), c) et d) de la méthode selon la présente description.
- Figures 2a, 2b: Représentations d'un profil acceptable et nonacceptable.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0018] Un équipement de protection 1 peut être utilisé comme une pièce vestimentaire placée sur le corps pour arrêter les balles pour éviter à la personne qui le porte d'être atteinte. Bien qu'un exemple d'équipement de protection 1 portable soit ici décrit pour des applications militaires, un équipement portable équivalent peut être appliqué dans des activités civiles. Un équipement de protection 1 peut également être un équipement de protection de proximité tel qu'un écran ou un bouclier de protection, soit porté par un utilisateur, soit placé à proximité d'un utilisateur. Outre la protection des personnes, l'équipement de protection 1 est également utilisable pour protéger des éléments non humains tels que des véhicules ou des parties de véhicules, des bâtiments ou tout autre dispositif sensible contre des impacts dommageables.

[0019] L'équipement de protection 1 de la présente description peut être constitué d'un matériau monolithique tel qu'un métal ou un alliage métallique, ou un polymère homogène, tel qu'un polymère dur ou un matériau à haute performance tel qu'un matériau à base de céramique. Alternativement, l'équipement de protection 1 peut comprendre un ou plusieurs matériaux monolithiques différents disposés en couches. Alternativement, l'équipement de protection 1 peut comprendre ou être constitué d'un matériau multi-composant tel qu'un mélange de matériaux monolithiques répartis ou inclus les uns dans les autres, un matériau composite tel que ceux à base d'une matrice et d'un matériau de renfort. A titre d'exemple, l'équipement de protection 1 peut comprendre ou être constitué de fibres céramiques, de fibres de carbone, ou de fibres de verre, qui peuvent être mélangées à des polymères synthétiques de différents types.

[0020] L'équipement de protection 1 étant destiné à la protection humaine, ses performances doivent être certifiées. Il est également nécessaire de bien connaître le degré de performance de tels dispositifs afin de pouvoir les remplacer en cas de besoin. Il est en outre avantageux de tester régulièrement l'équipement de protection pour anticiper le moment où il ne correspondra plus aux critères de performance prédéfinis. De cette manière, le remplacement de l'équipement peut être planifié à l'avance.

[0021] La méthode selon la présente description permet d'identifier les défauts sur ou dans l'équipement de protection 1 qui peuvent influencer de manière drastique leur niveau de performance. La méthode de la présente description permet en outre d'évaluer le niveau de performance ou la perte de performance de l'équipement de protection. Sur la base de la méthode de test, le résultat obtenu peut aider à décider si l'équipement de protection doit être conservé ou remplacé. Une décision instantanée „oui“ ou „non“ peut ainsi être prise. Alternativement, ou en complément, la méthode selon la présente invention permet d'évaluer la durée de vie restante ou l'état de vieillissement de l'équipement, sur la base du niveau de performance déterminé. La méthode de la présente description permet en outre de classer la protection selon un statut prédéfini et de décider du traitement ultérieur. Par exemple, un équipement de protection testé peut se voir attribuer l'un des statuts suivants : “ à détruire ”, “ effectuer un test complémentaire ”, “ à réparer ”, “ à échanger ”, etc.....

[0022] Le procédé selon la présente description comprend une étape a) de positionnement de placement de l'équipement de protection 1 sur un appui ou un support 2. Le support 2 peut être réalisé en matériau dur tel qu'une plaque polymère ou métallique dure ou tout autre support équivalent. Le support 2 peut être une plaque horizontale plate sur laquelle l'équipement de protection 1 peut être placé. Alternativement, le support 2 peut être spécifique à l'équipement 1 à tester.

La forme du support **2** peut par exemple être complémentaire à la forme de l'équipement **1** à tester. alternativement, le support **2** est un ensemble de socles sur lesquels peut être placé l'équipement de protection **1**. Un tel ensemble de socles peut comprendre 3 ou plusieurs points de positionnement sur lesquels peut être placé l'équipement de protection **1** à tester. Le support **2** peut comporter des éléments supplémentaires tels que des moyens de serrage ou des moyens de fixation, le cas échéant. Le support **2** est de préférence horizontal ou sensiblement horizontal, de sorte que l'équipement de protection **1** peut être simplement placé dessus sans nécessiter de fixation spécifique.

[0023] Que le support **2** soit plat ou qu'il ait une forme spécifique, il peut éventuellement comporter une couche d'amortissement sur sa surface de positionnement. La couche d'amortissement sépare l'équipement **1** à tester du support **2** sur lequel il est positionné. De cette manière, les vibrations de l'équipement **1** ne sont pas transmises au support **2** tout en restant libres de se propager dans l'équipement de protection **1**. La couche d'amortissement peut être par exemple un polymère souple, du caoutchouc, une mousse ou tout autre matériau amortissant équivalent. La couche d'amortissement contribue à rendre le présent procédé robuste et fiable. L'équipement de protection **1** peut être simplement placé sur la couche d'amortissement sans opération de positionnement spécifique, ce qui rend le présent procédé simple, robuste et facile à mettre en œuvre. La couche d'amortissement évite ainsi les vibrations induites ou parasites et toute interaction vibratoire négative.

[0024] Selon un mode de réalisation, la couche d'amortissement, lorsqu'elle est présente, peut comprendre un ou plusieurs évidements ou cavités, ou tout autre type d'espace interne permettant de loger au moins un microphone **4**. De telles cavités sont de préférence ouvertes vers l'équipement de protection **1** à tester. De cette manière, le microphone **4** disposé dans un tel espace interne est entouré par la couche d'amortissement et isolé phoniquement de l'environnement. L'ouverture de l'espace interne étant dirigée vers l'équipement de protection permet de recevoir le son provenant de l'équipement de protection vibrant **1**. La cavité de la couche d'amortissement peut être disposée en position centrale par rapport au support **2** et/ou à la couche d'amortissement. Alternativement ou en complément, une cavité peut être prévue à proximité d'une extrémité de la couche d'amortissement.

[0025] Le support **2** peut avoir des dimensions inférieures à celles de l'équipement de protection **1** à tester, de sorte que l'équipement de protection **1**, une fois placé sur le support **2**, présente encore des parties libres qui ne sont pas en contact avec le support **2**. Les parties libres sont donc libres de vibrer indépendamment du support **2**. Les dimensions du support **2** sont cependant de préférence indépendantes de celles de l'équipement de protection **1**. De préférence, un même support **2** peut être utilisé pour différentes formes d'équipements de protection **1** de taille différente.

[0026] L'étape a) de positionnement peut ainsi consister simplement à placer l'équipement de protection **1** sur le support **2**, comportant ou non une couche d'amortissement **21**, sans réglage spécifique de positionnement.

[0027] Le procédé selon la présente description, tel que représenté sur la figure **1**, comprend une étape de percussion b) de choquer l'équipement de protection **1** à tester. Le choc est un choc mécanique appliqué à la surface de l'équipement de protection **1**. Il s'agit de préférence d'un choc mécanique unique réalisé à l'aide d'un outil de percussion dur **3** faisant office de marteau. Le choc appliqué à l'équipement de protection **1** génère une vibration à travers sa structure générale. L'équipement de protection **1** vibre ainsi selon ses propres modes de vibration, qui dépendent de sa composition, de sa structure interne, de sa forme, de ses dimensions, y compris de son épaisseur, de sa masse, de sa dureté et d'autres propriétés.

[0028] L'étape de percussion b) peut être réalisée manuellement à l'aide d'un outil de percussion **3** dédié. Alternativement, le choc peut être assuré par un outil de percussion intégré, associé ou combiné au support **2** de manière automatique. A cet effet, un moyen de pilotage à distance **6** tel qu'un ordinateur ou une unité de commande peut être utilisé. Un actionneur **31** est activé pour déplacer l'outil de percussion **3** contre l'équipement de protection **1** à tester. Le choc est ainsi donné avec une force prédéterminée, une vitesse prédéterminée et une impulsion prédéterminée. Le moyen de pilotage **6** permet une telle percussion reproductible. Un ou plusieurs paramètres de percussion peuvent être fixes ou variables. Par exemple, la force de la percussion peut être adaptée aux caractéristiques de l'équipement de protection **1** à tester, au réglage du microphone **4** qui recueille les vibrations résultantes, ou à toute autre caractéristique environnante. L'actionneur **31** peut être un actionneur contrôlable permettant une gestion précise des paramètres du choc. Il peut s'agir par exemple d'un moteur électrique linéaire. L'outil de percussion **3** peut être constitué d'un métal ou d'un alliage métallique. Alternativement, l'outil de percussion **3** peut être constitué d'un polymère synthétique tel qu'un plastique. Les caractéristiques du choc peuvent ainsi être adaptées notamment en choisissant un outil de percussion **3** présentant une dureté spécifique.

[0029] Bien qu'un outil de percussion **3** soit nécessaire, il n'est pas exclu que deux ou plusieurs outils de percussion **3** soient prévus et disposés à différents endroits de manière à pouvoir choquer l'équipement de protection **1** à différents endroits de sa surface, une fois qu'il est placé sur le support **2**. Il est ainsi possible de comparer le comportement vibratoire de l'équipement de protection **1** en fonction de la position du choc. Il est entendu que lorsque deux ou plusieurs outils de percussion **3** sont disponibles, ils peuvent être activés séquentiellement. Il est également entendu qu'en cas de besoin, des chocs simultanés peuvent être prévus. Il est par ailleurs clair que le positionnement de l'outil de percussion **3** est adaptable en fonction des besoins et que le choc peut être prévu à une position centrale de l'équipement de protection **1**.

[0030] Selon un mode de réalisation, l'équipement de protection à tester **1** est une plaque de protection contre les balles placée sur un support **2** et le choc est prévu à l'une de ses extrémités libres, ou à proximité de son extrémité libre.

[0031] Le procédé selon la présente description comprend une étape de collecte c) visant à collecter les vibrations de l'équipement de protection 1 à tester, résultant du choc mécanique. Les vibrations sont de préférence collectées à distance de l'équipement vibrant 1 par un microphone 4. En d'autres termes, il n'y a pas de contact direct entre l'équipement vibrant 1 et le dispositif utilisé pour recueillir les vibrations. Le microphone 4 peut être placé à une distance inférieure à environ 1 cm ou inférieure à environ 0,5 cm de la surface de l'équipement de protection 1.

[0032] Selon un mode de réalisation particulier, un microphone 4 est disposé dans une cavité de la couche d'amortissement. Le microphone 4 est alors juste en dessous de la surface de l'équipement de protection et isolé phoniquement de tout bruit perturbateur environnant.

[0033] Le microphone 4 est adapté pour recueillir les vibrations d'au moins un mode vibratoire naturel de l'équipement de protection 1. Il recueille de préférence plusieurs modes vibratoires de l'équipement de protection 1. Le microphone 4 peut être adapté pour collecter les vibrations dans une gamme de fréquences prédéterminée. Cela permet d'éviter le bruit résultant de sons ou de vibrations environnants non pertinents. La gamme prédéterminée de fréquences est de préférence calibrée pour correspondre à au moins un des modes de vibration naturelle de l'équipement de protection 1. Le microphone 4 est de préférence monodirectionnel, de sorte que seules, ou pratiquement seules, les vibrations émanant de l'équipement de protection sont recueillies.

[0034] L'étape de collecte c) peut utiliser un ensemble de plusieurs microphones 4, identiques ou différents. L'emplacement des microphones 4 par rapport à l'équipement de protection 1 peut être prédéfini ou adaptable. Plusieurs microphones 4 peuvent être placés à différents endroits autour de l'équipement de protection 1 de manière à ce que les vibrations soient collectées simultanément à plusieurs endroits de l'équipement de protection 1. Dans le cas où plusieurs microphones 4 sont utilisés, chacun d'entre eux peut être agencé pour collecter les vibrations dans une plage spécifique de fréquences et/ou d'amplitudes afin qu'une mesure précise puisse être effectuée sur une large plage de fréquences et/ou d'amplitudes.

[0035] Lorsqu'une couche d'amortissement est présente, les microphones 4 peuvent se loger dans plusieurs évidements correspondant à différentes positions de collecte sous la surface de l'équipement de protection 1.

[0036] Les modes de vibration naturelle de l'équipement de protection 1 correspondent à des fréquences spécifiques. Par exemple, un premier mode de vibration naturelle peut avoir une fréquence d'environ 950 Hz, et un deuxième mode de vibration naturelle peut avoir une fréquence d'environ 1230 Hz. Il est possible que l'équipement de protection 1 ait plus de deux modes de vibration naturelle. Un troisième mode de vibration naturelle peut avoir une fréquence d'environ 1880 Hz et un quatrième mode de vibration naturelle peut avoir une fréquence d'environ 2250 Hz. L'amplitude de chaque mode de vibration naturelle peut être différente de celle des autres modes pour une position d'enregistrement donnée. Un premier mode de vibration naturelle principal peut avoir une forte amplitude tandis que les modes de vibration naturelle secondaires sont moins forts. Les modes de vibration naturelle désignent les fréquences de vibration libre de l'objet testé et excluent toute fréquence externe appliquée à l'objet. Les fréquences des vibrations naturelles de l'équipement de protection sont de préférence comprises entre 500 Hz et 3000 Hz, de préférence entre 800 Hz et 2500 Hz. Selon la nature de l'équipement testé, la gamme de fréquences peut être différente.

[0037] Le microphone 4, ou un ensemble de plusieurs microphones 4, a une sensibilité suffisante pour recueillir le son résultant des vibrations de l'équipement 1 correspondant à au moins un, de préférence deux, trois ou quatre modes de vibration naturelle. Il est en outre adapté pour recueillir l'amortissement des vibrations dans le temps de collecte des vibrations.

[0038] Le microphone 4 est de préférence placé à proximité d'une surface de l'équipement de protection 1 qui reste libre de vibrer, en particulier d'une surface qui n'est pas en contact direct avec le support 2. En outre, la position du microphone 4 est de préférence choisie pour correspondre à l'amplitude la plus appropriée des modes vibratoires étudiés. En ce qui concerne la position relative de l'outil de percussion 3 et du microphone 4 ou de l'ensemble de microphones 4, le microphone 4 peut être placé à proximité de l'outil de percussion 3. Alternativement, le microphone 4 est placé à distance de l'outil de percussion 3, par exemple à l'opposé de l'outil de percussion 3 par rapport au support 2, de sorte que les vibrations sont recueillies à une extrémité opposée de l'équipement de protection testé. Le microphone 4 peut être indépendant ou combiné ou associé au support 2.

[0039] On comprend donc que le nombre et la disposition relative des outils de percussion 3 et des microphones 4 peuvent être adaptés en fonction des besoins. En conséquence, un ou plusieurs des outils de percussion, et le ou les microphones, sont facilement amovibles et déplaçables afin de permettre la meilleure flexibilité des mesures. Selon un mode de réalisation, un outil de percussion 3 et un microphone 4 peuvent être fixés à des positions prédéterminées et un ou plusieurs outils de percussion supplémentaires 3 ou des microphones supplémentaires 4 peuvent être disposés de manière amovible afin d'adapter leur position.

[0040] Le microphone 4 peut être calibré pour recueillir les vibrations dans une certaine plage d'amplitude afin d'éviter la saturation ou d'autres effets négatifs. D'autres caractéristiques du microphone 4 peuvent faire l'objet de réglages spécifiques, en fonction des besoins.

[0041] Le procédé selon la présente divulgation comprend une étape d'enregistrement d) visant à calculer et enregistrer au moins une des fréquences et amplitudes des vibrations naturelles de l'équipement de protection 1 après le choc mécanique

appliqué dans l'étape de percussion b). L'étape d'enregistrement d) aboutit à un profil montrant les modes de vibration naturelle de l'équipement de protection 1 sous forme de pics de fréquences visibles dans une fonction de réponse en fréquence. La figure 1d montre un exemple de profil enregistré selon le présent procédé. La position des pics du profil enregistré correspond aux fréquences de plusieurs modes de vibration naturelle de l'équipement 1. La hauteur de chaque pic détermine la force de ces modes vibratoires naturels à la position d'enregistrement correspondante. Les vibrations fortes donnent lieu à un pic élevé, tandis que les modes de vibration naturels faibles donnent lieu aux pics les plus petits, pour une position d'enregistrement donnée. La largeur W des pics (figure 2a, 2b) est également un paramètre pertinent du profil. Elle est liée à l'amortissement du mode vibratoire correspondant (c'est-à-dire qu'un amortissement plus élevé se traduira par un pic plus large). La constante d'amortissement est estimée sur la base de l'analyse du signal enregistré dans les domaines de temps et de fréquence.

[0042] Le profil est calculé sur la base des fréquences du signal collecté lors de l'étape de collecte c) et de la forme d'amortissement des signaux collectés. L'amortissement d'un signal donné peut être estimé en utilisant la décroissance dans le temps de l'amplitude de la vibration correspondante. Alternativement ou en plus, l'amortissement peut être estimé sur la base de la largeur du pic de fréquence correspondante. Une unité de commande 7 comprenant des moyens de calcul peut recevoir le signal collecté par le microphone 4, ou un ensemble de plusieurs microphones 4, lors de l'étape de collecte c) et traiter le signal de manière à déterminer un profil. L'étape d) d'enregistrement peut comprendre une ou plusieurs sous-étapes supplémentaires de traitement telles que le filtrage de certaines fréquences, l'augmentation ou la réduction indépendante de certains signaux, l'homogénéisation des signaux, l'auto-calibrage des signaux, etc. Le profil résultant de l'étape d) d'enregistrement peut être affiché sur un écran ou tout autre moyen d'affichage. Il peut en outre être enregistré dans une base de données. L'étape d'enregistrement d) ou l'étape de collecte c) peut comprendre une étape de suppression active du bruit.

[0043] Le procédé selon la présente description comprend en outre une étape d'analyse e) consistant à analyser le profil calculé obtenu par l'étape d'enregistrement c). Les figures 2a et 2b montrent des exemples de deux profils, le premier correspondant à un équipement de protection 1 acceptable, le second correspondant à un équipement de protection 1 non acceptable. L'analyse comprend la détermination de la moyenne de la fonction de réponse en fréquence T comme l'un des critères pour caractériser l'état de l'équipement de protection.

[0044] L'homme du métier comprend que le présent procédé, et en particulier l'étape d'enregistrement e), ne repose pas sur des modèles complexes. En particulier, il n'est pas nécessaire de simuler un profil de référence ou de modéliser les modes vibratoires naturels de l'équipement de protection 1 à tester. Le profil est directement extrait des signaux vibratoires collectés.

[0045] Le procédé de la présente description comprend en outre une étape f) de classification permettant de déterminer le niveau de performances de l'équipement de protection 1. L'étape de classification f) permet par exemple d'identifier ou de suspecter la présence d'au moins un défaut interne tel qu'une fissure. Alternativement ou en plus, l'étape de classification f) permet de déterminer si les performances de l'équipement de protection sont encore acceptables ou si elles correspondent à un critère de qualité prédéterminé ou non.

[0046] Selon un premier mode de réalisation, l'étape f) de classification permet une évaluation directe sur la base des résultats de mesure. Elle peut par exemple être basée sur le profil obtenu et affiché visuellement sur un écran ou sur un autre support. L'opérateur peut évaluer le niveau de performance de l'équipement de protection 1 directement sur la base de la qualité du profil obtenu lors de l'étape d'enregistrement. Une telle évaluation humaine peut être considérée comme trop intuitive ou sujette à des variations et à la non-reproductibilité. Elle reste cependant un moyen fiable d'évaluer le niveau de performance sur le terrain. L'utilisateur peut décider par lui-même si l'équipement de protection peut être utilisé ou remplacé, ou mis de côté pour des mesures ultérieures.

[0047] Alternativement ou en plus, une indication de qualité peut être calculée et fournie à l'utilisateur pour l'aider à classer l'équipement de protection testé 1. La qualité peut ainsi être estimée sur une échelle de pourcentage ou sur une échelle de quelques valeurs représentant un ou plusieurs des états „très bon“, „bon“, „acceptable“ et „mauvais“. Alternativement, un signal coloré peut être affiché, tel qu'un signal vert pour un équipement de protection acceptable, un signal rouge pour un équipement de protection non acceptable et éventuellement un signal orange pour des résultats douteux. D'autres indications visuelles peuvent être envisagées en fonction des résultats des mesures.

[0048] Certains paramètres prédéterminés peuvent être utilisés pour décider si la qualité de l'équipement de protection est acceptable ou non. Par exemple, la largeur W des pics du profil ou de certains pics prédéterminés du profil, peut être comparée à une valeur seuil absolue. L'équipement de protection 1 peut être considéré comme acceptable si la valeur de la largeur W est inférieure à une telle valeur seuil, et refusé dans le cas où elle est supérieure. Par exemple, d'autres paramètres du profil, tels que le bruit, le nombre de pics, etc., peuvent aider à évaluer l'état de l'équipement testé.

[0049] La position de chaque pic, ou le décalage d'un ou plusieurs pics, ou l'apparition de pics indésirables à côté des fréquences vibratoires naturelles peuvent également être interprétés comme des enregistrements négatifs et peuvent conduire à la mise au rebut de l'équipement de protection 1. La corroboration de plusieurs paramètres d'un profil donné peut donc aider à déterminer la fiabilité de la mesure. Elle peut en outre aider à identifier des divergences dans certains paramètres.

[0050] L'étape f) de classification peut donc être basée sur une telle analyse absolue d'un profil donné.

[0051] Selon un autre mode de réalisation, l'étape de classification f) peut opérer une étude comparative du profil enregistré par rapport aux valeurs collectées d'une base de données. Par exemple, un ou plusieurs des paramètres mentionnés ci-dessus, y compris la largeur **W** des pics, leur nombre, leur position, leur hauteur ou leur symétrie peuvent être comparés à la valeur moyenne correspondante stockée dans la base de données **9**. Alternativement, certaines données de référence, telles qu'un profil de référence, correspondant à un équipement de protection acceptable **1** peuvent être stockées dans la base de données comme modèle. La valeur de chaque paramètre analysé peut être comparée à la valeur correspondante du profil de référence pour déterminer si l'équipement de protection **1** est acceptable ou non. Suite à cette analyse comparative, une étape f) de classification relative est réalisée.

[0052] L'étape de classification f) peut donc comprendre soit une analyse absolue de chaque profil, soit une analyse relative d'un profil donné par rapport à des données de référence, soit une combinaison d'une analyse relative et absolue.

[0053] L'étape f) de classification, qu'elle soit absolue ou relative, permet de choisir entre garder ou mettre au rebut l'équipement de protection **1**. Elle peut alternativement ou en complément déterminer un degré de défaillance ou de dégradation de l'équipement de protection. Les performances de résistance de l'équipement, déduites du profil, peuvent être classées sur une échelle prédéterminée, en fonction de la valeur d'un ou plusieurs paramètres du profil. Par exemple, un profil peut être considéré comme partiellement dégradé tout en correspondant à la norme acceptable. A cette fin, un profil donné peut être comparé à des données comprenant des séries de profils d'âge connu. Un ou plusieurs paramètres des profils peuvent être considérés. L'âge d'un profil donné correspondra à l'âge du profil le plus similaire de la base de données. L'homme du métier comprend que d'autres méthodes de comparaison peuvent être appliquées pour déterminer le degré de vieillissement et les performances d'un équipement de protection **1** donné.

[0054] Le procédé selon la présente description peut en outre comprendre une étape g) d'étalonnage du microphone dans laquelle la précision et la sensibilité du microphone **4** sont déterminées et corrigées. Les fréquences et les amplitudes des signaux mesurés sont alors précises. L'étape g) d'étalonnage du microphone s'applique également à un ensemble de plusieurs microphones **4**. L'étape g) d'étalonnage du microphone peut être une étape distincte. Il est également possible d'effectuer un auto-calibrage du microphone **4**.

[0055] Le présent procédé peut en outre comprendre une étape d'étalonnage du choc h) dans laquelle un ou plusieurs éléments parmi la vitesse, la force et l'impulsion du choc sont déterminés et corrigés. Ceci s'applique à l'outil de percussion automatique **3**. L'étalonnage du choc peut être réalisé avec un étalonneur de choc spécifiquement dédié. L'étape h) d'étalonnage de la percussion peut comprendre des percussions répétitives ou itératives pour une évaluation statistique. Elle peut également s'appuyer sur les réponses à la percussion de plusieurs équipements de protection du même type.

[0056] [Le présent procédé peut comprendre une étape d'étalonnage du matériel i) permettant de calibrer la percussion et la collecte des vibrations en fonction des propriétés de l'équipement de protection **1**. Par exemple, l'étape de percussion b) et l'étape de collecte c) peuvent être réalisées plusieurs fois pour vérifier le comportement de l'équipement de protection après un choc mécanique. L'étape de percussion b) peut être réalisée avec une force plus ou moins importante, avec un outil de percussion **3** plus ou moins dur de manière à générer des vibrations différentes dans l'équipement de protection **1**. Les vibrations fournies en réponse peuvent être collectées sur une large gamme de fréquences afin d'identifier les fréquences correspondant aux modes vibratoires naturels de l'équipement de protection **1**. Cette étape permet d'adapter rapidement la méthode d'essai à tout matériau, indépendamment de sa composition, de sa taille, de sa forme, de sa dureté et de toute autre caractéristique. Il n'est même pas nécessaire de savoir précisément dans quel type de matériau il est fabriqué. Une fois l'étape d'étalonnage du matériel effectuée i), l'ensemble du processus de mesure peut être lancé.

[0057] Le procédé de la présente description peut comprendre au moins une réitération de l'étape de percussion b), de l'étape de collecte c) et de l'étape d'enregistrement d) pour fournir au moins une deuxième mesure et un deuxième profil d'un équipement de protection **1** donné. La réitération de chacune de ces étapes peut être effectuée dans des conditions identiques de manière à obtenir un profil identique. Les profils obtenus peuvent ensuite être comparés entre eux ou fusionnés pour fournir un profil moyen résultant de plusieurs opérations de mesure.

[0058] Alternativement, l'itération de l'étape de percussion b), l'étape de collecte c) et l'étape d'enregistrement d) peut être réalisée avec des paramètres différents. Par exemple, un ou plusieurs éléments parmi la force, la vitesse, l'impulsion du choc ou la dureté de l'outil de percussion **3** peuvent varier d'une à la seconde étape de percussion b). Les chocs peuvent être fournis à différentes positions. Le réglage du microphone **4** peut être adapté en conséquence pour recueillir correctement les vibrations naturelles qui en résultent. La position du microphone **4** peut faire l'objet de plusieurs essais itératifs. Afin de faciliter l'étalonnage de l'étape de collecte, plusieurs microphones peuvent être utilisés simultanément pour déterminer la meilleure position à laquelle la vibration résultante peut être collectée. Le profil résultant peut être différent avec la modulation de certains paramètres. La méthode peut consister à tester un équipement de protection **1** donné dans plusieurs conditions prédéterminées avec différents jeux de paramètres. Ceci définit ainsi un protocole de test adapté à l'équipement de protection **1**. Un tel protocole de test peut faire l'objet d'un protocole officiel et approuvé.

[0059] La réitération des opérations de mesure permet de limiter ou d'éviter les faux résultats. On peut également déterminer que si des résultats très différents sont obtenus d'une mesure à l'autre, une méthode plus sophistiquée, comprenant par exemple des examens aux rayons X ou aux ultrasons, peut être mise en œuvre.

[0060] Le procédé peut comprendre une étape supplémentaire consistant à cumuler les mesures de plusieurs équipements de protection 1 d'un type donné, comme par exemple plusieurs plaques de protection contre les balles. Des paramètres moyens peuvent ainsi être déterminés et être utilisés comme profil de référence. La probabilité de la distribution des pics peut également être déterminée pour chaque mode vibratoire naturel. Une base de données de quelques centaines de mesures de profil peut être suffisante pour déterminer statistiquement les valeurs acceptables et/ou inacceptables des paramètres. Des bases de données plus importantes peuvent être alimentées par les résultats de mesure cumulés afin que des algorithmes d'intelligence artificielle puissent être développés pour mieux déterminer les caractéristiques de l'équipement de protection. Ce grand nombre de résultats peut également être utilisé pour des opérations d'auto-calibrage ou d'autocorrection des divergences. Une grande base de données de résultats peut également permettre d'identifier la nature des défauts, qu'il s'agisse d'un impact, d'une fracture, d'un délaminage, d'un vieillissement naturel ou de tout autre défaut. Elle permet en outre de classer la pertinence du défaut en fonction de sa nature et de déterminer une échelle d'importance du défaut lors de la classification de l'équipement de protection testé.

[0061] Les résultats obtenus selon la présente méthode peuvent être combinés ou comparés aux résultats obtenus par d'autres méthodes telles que la technologie aux rayons X.

[0062] Bien que le microphone 4 ou l'ensemble de plusieurs microphones 4 permette de recueillir le son à distance de l'équipement de protection 1, cela n'exclut pas d'utiliser en complément d'autres capteurs en contact de l'équipement testé, tels qu'un accéléromètre ou un capteur équivalent. Des mesures simultanées peuvent ainsi être réalisées. D'autres techniques de mesure, telles qu'un capteur laser, peuvent également être utilisées simultanément avec la présente méthode. Il est alors possible de collecter plus d'informations en un temps réduit.

[0063] Le présent procédé comprend la gestion des équipements de protection 1 d'une unité. Chaque équipement de protection 1 d'une unité donnée peut être régulièrement testé selon une ou plusieurs des étapes a) à i) décrites ci-dessus. La fréquence du test peut être par exemple chaque année ou deux fois par an. Alternativement, l'équipement de protection 1 peut être testé avant ou après chaque intervention de l'unité de façon à ce que les équipements de protection non acceptables soient immédiatement jetés ou mis en quarantaine.

[0064] Un équipement de protection 1 donné peut être référencé dans une base de données afin que tous ses résultats de mesure soient stockés ensemble. Le vieillissement d'un équipement de protection 1 donné peut ainsi être suivi. Lorsque ses performances ne sont plus suffisantes ou lorsqu'il devient défectueux, une alerte peut être fournie après les opérations de mesure pour inciter l'utilisateur à effectuer une double vérification ou à le jeter et le remplacer. Une indication peut être fournie physiquement sur chaque équipement de protection 1 mesuré, indiquant par exemple si l'équipement de protection 1 est utilisable ou non. Un autocollant vert ou rouge peut être utilisé par exemple, de sorte qu'il soit immédiatement visible de tout utilisateur. Alternativement, un autocollant lisible par une machine, tel qu'un RFID, peut être utilisé. Les informations correspondantes peuvent être stockées dans la base de données et envoyées à un centre de données distant. Un remplacement peut également être commandé automatiquement lorsque l'équipement de protection 1 est disqualifié ou à un moment donné de son vieillissement.

[0065] Selon un mode de réalisation particulier, chaque équipement de protection 1 peut faire l'objet d'une première mesure de test selon le présent procédé afin que ses caractéristiques vibratoires spécifiques soient stockées dans une base de données. Une référence correspondante peut être générée pour identifier précisément un équipement de protection donné et lui associer les caractéristiques vibratoires enregistrées. Cette référence peut être un numéro, un code QR ou toute autre référence lisible placée sur ou intégrée à l'équipement de protection 1. L'état initial d'un équipement de protection donné peut ainsi être déterminé ainsi que ses caractéristiques vibratoires. Cette première mesure peut être effectuée au moment de l'achat ou de la réception de l'équipement à l'unité pour la première fois. Un suivi individuel peut être effectué, en comparant les mesures successives d'un équipement de protection donné tout au long de sa vie.

[0066] Une telle gestion des équipements de protection permet de garantir sur place et à tout moment le bon état d'un équipement de protection donné. Elle permet également de gagner du temps et de réduire les coûts liés aux opérations de test. Selon un mode de réalisation particulier, les tests de qualité à la réception d'un nouvel équipement de protection peuvent facilement être effectués directement sur site.

[0067] La gestion de l'équipement de protection 1 tel que décrit peut être intégrée à un système de gestion plus général et centralisé permettant par exemple de combiner les résultats des mesures vibratoires avec des investigations plus détaillées telles que des mesures aux rayons X ou d'autres méthodes d'investigation. Dans cette optique, le mode de gestion peut inclure plusieurs tests acoustiques sur site de manière régulière, avant d'envoyer l'équipement de protection à un laboratoire de test centralisé. Les résultats combinés et statistiques peuvent aider à catégoriser précisément un équipement de protection donné à un moment donné. Ils permettent de sélectionner différentes issues telles que „à détruire“, „à effectuer un test complémentaire“, „à réparer“, „à échanger“ etc.... Les équipements de protection peuvent ainsi être dispatchés sur le site approprié en fonction de leur statut.

[0068] La présente description concerne également un dispositif de test 11 adapté pour mettre en œuvre le procédé décrit ci-dessus. Il comprend un support 2 sur lequel un équipement de protection 1 peut être positionné. Le support 2 peut être soit unique, soit remplacé de manière amovible par un autre support 2 afin de pouvoir tester différents équipements de protection. Le dispositif de test 11 comprend en outre au moins un outil de percussion 3 adapté pour choquer un

équipement de protection testé. L'outil de percussion **3** est activé par un actionneur **31**, piloté par un moyen de pilotage. Le moyen de pilotage peut prendre l'aspect d'un ordinateur personnel avec des interfaces homme-machine telles que clavier, écran, ou toutes interfaces connues. Le dispositif de test **11** comprend également au moins un microphone **4** adapté pour recueillir les modes vibratoires naturels d'un équipement de protection **1**. Il comprend des moyens de calcul pour générer un profil basé sur les vibrations collectées. Le dispositif de test **11** peut être connecté à une base de données distante ou comprendre une telle base de données stockant les résultats des mesures passées. Le dispositif de test **11** comprend en outre un programme d'exécution permettant de déterminer les paramètres des mesures, les paramètres de classification et tout autre paramètre nécessaire.

[0069] Le dispositif de test **11** est de préférence portatif, de sorte qu'il peut être facilement utilisé sur le lieu de l'opération ou à proximité. Le dispositif de test **11** comprend en outre une protection contre les chocs, telle qu'une valise ou un boîtier rigide. La valise rigide comprend avantageusement une isolation phonique de sorte que la méthode de test peut être réalisée même dans des environnements bruyants. Par exemple, le dispositif de test **11** peut être disposé dans une valise rigide **12** comportant un couvercle, qui peut être fermé tout en permettant les opérations de mesure selon le présent procédé. Selon un mode de réalisation préféré, la valise rigide est étanche de sorte que les équipements électroniques et numériques du dispositif de test **11** sont maintenus en sécurité. Le dispositif de test **11** est de préférence autonome. A cet effet, il peut comprendre une batterie.

Numéros de référence employés sur les figures

[0070]

- 1 Équipement de protection
- 2 Support
- 3 Outil de percussion
- 31 Actionneur
- 4 Microphone
- 7 Unité de commande
- 10 Etalonneur de chocs
- 11 Dispositif de test

Revendications

1. Procédé de test pour tester un équipement de protection (1) constitué d'une combinaison de matériaux comprenant
 - une étape a) de positionnement consistant à placer l'équipement de protection (1) sur un support (2)
 - une étape de percussion b) consistant à choquer l'équipement de protection (1) à l'aide d'un outil de percussion mécanique (3) les paramètres de percussion comprenant une force, une vitesse, une impulsion et une dureté de l'outil de percussion prédéterminés, de manière à générer des modes de vibrations naturelles à travers l'équipement de protection ;
 - une étape de collecte c) consistant à collecter au moins un des modes de vibrations naturelles de l'équipement de protection au moyen d'au moins un microphone (4), les paramètres de collecte comprenant une gamme de fréquences prédéterminée et une gamme d'amplitudes prédéterminées, en utilisant, un ou plusieurs microphones identiques ou différents, leur emplacement étant adaptable ou prédéfini ;
 - une étape d'enregistrement d) consistant à calculer et à enregistrer un profil basé sur au moins un des modes de vibrations naturelles collectés de l'équipement de protection ;
 - une étape d'analyse e) consistant à analyser le profil obtenu ;
 - une étape de classification f) dans laquelle l'équipement de protection (1) est considéré comme acceptable ou non acceptable, ou dans laquelle un niveau de performance et un temps de vie restant sont déduits du profil de l'équipement de protection testé (1).
2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre l'itération de l'étape de percussion b) dans laquelle un ou plusieurs éléments parmi la force, la vitesse, l'impulsion du choc et la dureté de l'outil de percussion peuvent être identiques ou varier d'une itération à l'autre.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre l'itération de l'étape de collecte c) où la position et/ou les réglages dudit au moins un microphones peuvent être identiques ou varier d'une itération à l'autre.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant en outre une étape d'étalonnage de ladite combinaison de matériaux i) comprenant une ou plusieurs itérations de l'étape de percussion b) et de l'étape de collecte c) où dans l'étape b) un ou plusieurs éléments parmi la force, la vitesse, l'impulsion du choc et la dureté de l'outil de percussion peuvent être identiques ou varier d'une itération à l'autre et où dans l'étape c) la position et/ou les réglages dudit au moins un microphones peuvent être identiques ou varier d'une itération à l'autre, de sorte à révéler le comportement de l'équipement de protection (1).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant en outre une ou plusieurs étapes parmi une étape d'étalonnage de microphone g) et une étape d'étalonnage de percussion h).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 comprenant en outre le stockage des profils mesurés et la détermination des paramètres moyens d'un type d'équipement de protection donné.
7. Procédé de gestion des équipements de protection (1) d'une unité opérationnelle, dans lequel chaque équipement de protection de ladite unité opérationnelle est régulièrement testé selon le procédé de test selon l'une des revendications 1 à 6, et dans lequel l'équipement de protection (1) est automatiquement remplacé lorsqu'il est déterminé comme étant inacceptable ou à des conditions de vieillissement prédéterminées.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'équipement de protection (1) est choisi parmi un casque, un bouclier de protection ou une plaque portable de protection contre les balles.
9. Dispositif de test portatif (11) adapté à la mise en œuvre du procédé de test selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant un support (2) adapté à recevoir un équipement de protection (1), au moins un outil de percussion (3) adapté pour choquer un équipement de protection testé activé par un actionneur (31), au moins un microphone (4), une unité de commande (7), et une batterie.
10. Dispositif de test portatif selon la revendication 9, comprenant en outre une protection contre les chocs sous la forme d'une valise rigide (12), étant étanche et comprenant une isolation phonique.

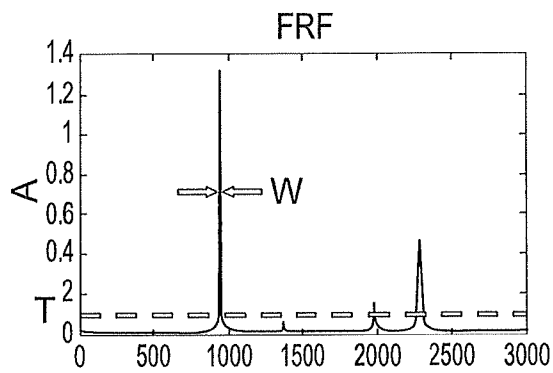
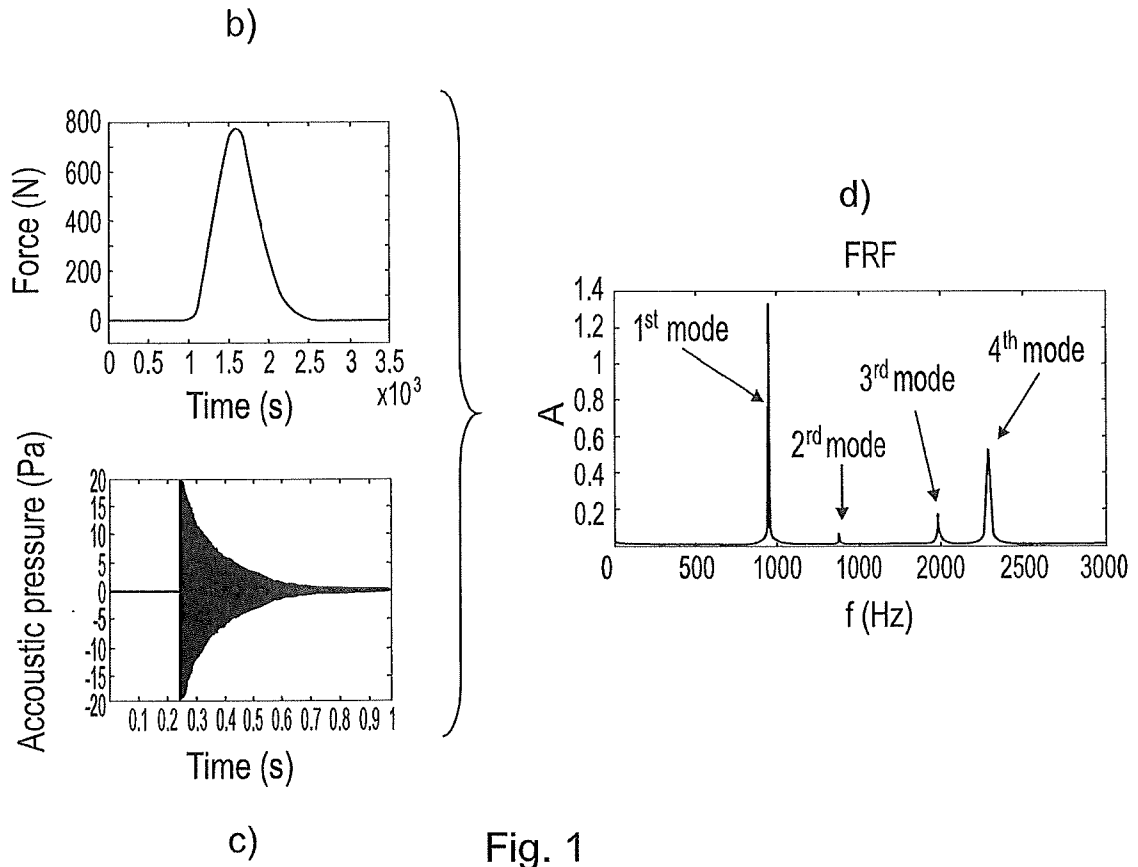


Fig. 2a

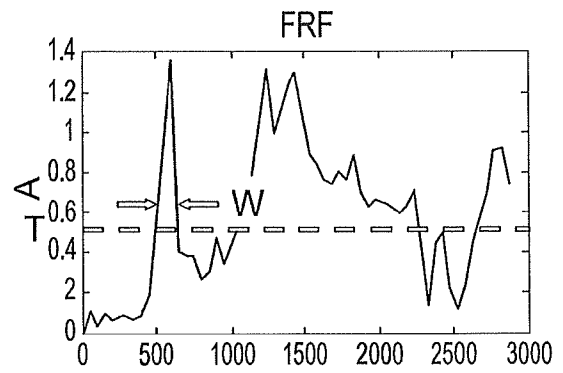


Fig. 2b

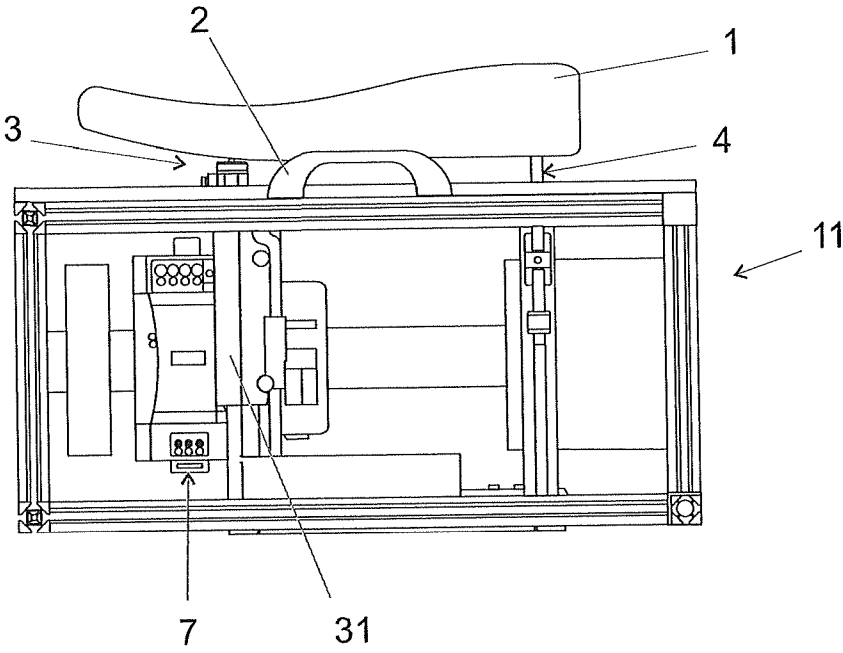


Fig. 3a

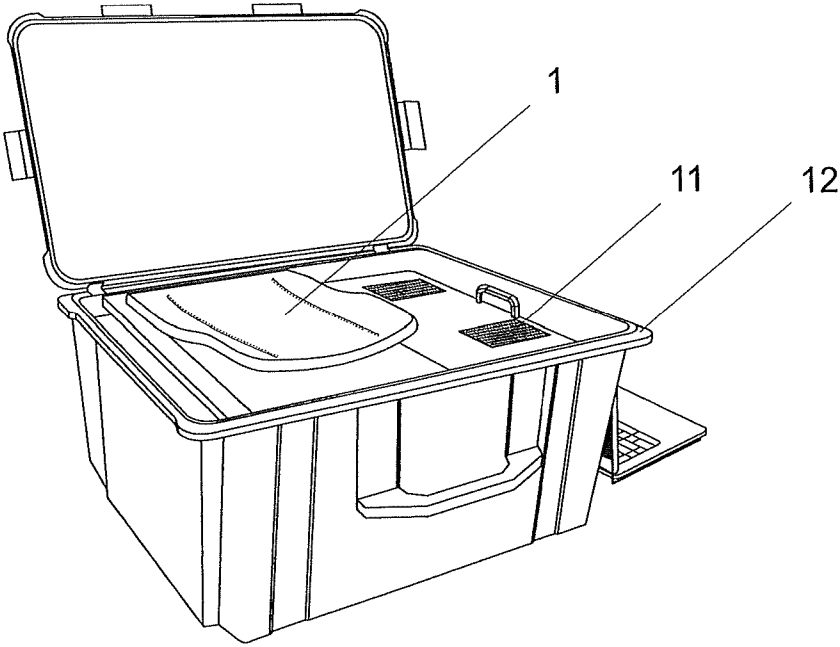


Fig. 3b