

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 145 358**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **23 05663**

⑤① Int Cl⁸ : **B 81 B 5/00 (2023.01), B 81 B 3/00, G 01 P 15/03**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif micromécanique de détection de choc.

②② Date de dépôt : 06.06.23.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 02.08.24 Bulletin 24/31.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.12.24 Bulletin 24/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SILMACH Société anonyme* — FR.

⑦② Inventeur(s) : *PEPE Jules, MALAPERT Julien et
MINOTTI Patrice.*

⑦③ Titulaire(s) : *SILMACH Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *REGIMBEAU.*

FR 3 145 358 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif micromécanique de détection de choc

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne un dispositif micromécanique de détection de choc et un ensemble de détection de choc incorporant un tel dispositif micromécanique.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Dans certains domaines d'activité, il est parfois nécessaire de pouvoir surveiller l'état de santé de certains objets. En particulier, il peut être nécessaire de déterminer si un équipement a subi des chocs, par exemple à cause d'un impact avec un autre objet ou d'une chute de l'équipement.

[0003] Cela peut être le cas par exemple des instruments de métrologie, des conteneurs de transport, de matériels pyrotechniques, d'équipements de protection corporels ou de manière plus générale, de tout matériel ou structure sensible.

[0004] En effet, lorsque ces équipements sont soumis à des chocs présentant une amplitude (ou une durée) supérieure à une certaine valeur, certains composants essentiels peuvent être endommagés, ce qui peut dégrader leur efficacité.

[0005] Par exemple, les équipements de protection corporels, tel que les casques ou les plaques de protection, peuvent inclure des composants sensibles, qui doivent être remplacés ou reconditionnés lorsque l'équipement a subi un choc susceptible d'endommager le composant, afin de ne pas compromettre la sécurité de l'opérateur dont la protection est assurée par l'équipement.

[0006] Cependant, il peut être difficile de déterminer si un tel équipement a subi un choc susceptible d'endommager le composant. En effet, l'endommagement du composant causé par le choc n'est pas toujours détectable visuellement.

[0007] Une solution possible serait de munir certains équipements de capteurs, permettant de détecter une accélération, présentant une amplitude (ou une durée) supérieure à un certain seuil. De tels capteurs permettraient d'enregistrer un choc susceptible d'endommager l'équipement, ce qui permettrait de renseigner sur la nécessité de remplacer ou de reconditionner l'équipement.

[0008] Toutefois, de tels capteurs nécessitent en général une alimentation en énergie électrique pour fonctionner, pour mémoriser et/ou pour collecter les informations de détection générées par le capteur.

[0009] L'alimentation en énergie électrique de tels capteurs peut par exemple être assurée par une batterie. Cependant, l'ajout d'une batterie complexifie l'installation de ces capteurs, en augmentant leur encombrement, et exige de pouvoir contrôler régu-

lièrement l'état de charge de la batterie.

Résumé de l'invention

- [0010] Un but de l'invention est de proposer une solution pour faciliter la détection de chocs subi par des composants, qui ne nécessite pas une alimentation en énergie électrique.
- [0011] Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un dispositif micro-mécanique de détection de choc, comprenant :
- un cadre,
 - une masse inertielle, présentant une première position initiale, la masse inertielle étant montée mobile par rapport au cadre selon une première direction de déplacement,
 - un indicateur présentant une deuxième position initiale, l'indicateur étant monté mobile par rapport au cadre selon une deuxième direction de déplacement,
 - une structure de liaison reliant l'indicateur à la masse inertielle et au cadre, la structure de liaison étant configurée de telle sorte qu'un déplacement de la masse inertielle selon la première direction de déplacement depuis la première position initiale jusqu'à une première position finale entraîne un déplacement corrélatif de l'indicateur selon la deuxième direction de déplacement depuis la deuxième position initiale jusqu'à une deuxième position finale,
 - une structure de verrouillage, mobile entre une position déverrouillée et une position verrouillée, le déplacement de la masse inertielle selon la première direction de déplacement depuis la première position initiale jusqu'à la première position finale ayant pour effet de faire passer la structure de verrouillage de la position déverrouillée à la position verrouillée, la structure de verrouillage étant configurée de sorte qu'une fois en position verrouillée, la structure de verrouillage empêche un retour de la masse inertielle vers la première position initiale, ce qui a pour effet de maintenir l'indicateur dans la deuxième position finale.
- [0012] Lorsque le dispositif micromécanique de détection de choc est soumis à une brusque accélération, la masse inertielle est déplacée par rapport au cadre, entraînant un déplacement concomitant de l'indicateur.
- [0013] Si l'accélération est inférieure à un seuil prédéfini, l'amplitude du déplacement de la masse inertielle est insuffisante pour déclencher un verrouillage de la structure de verrouillage.
- [0014] En revanche, si l'accélération est supérieure ou égale au seuil prédéfini, le déplacement de la masse inertielle présente une amplitude suffisante pour déclencher un verrouillage de la structure de verrouillage.
- [0015] Une fois que la structure de verrouillage est en position verrouillée, l'indicateur est maintenu dans la position finale.
- [0016] Par une simple observation de la position de l'indicateur, un observateur est capable

de déterminer si le dispositif micromécanique de détection de choc a subi ou non un choc présentant une intensité supérieure à une intensité limite à détecter.

- [0017] Le dispositif micromécanique de détection de choc proposé permet ainsi d'enregistrer la survenance d'un choc qui pourrait compromettre l'intégrité du composant.
- [0018] Un tel dispositif micromécanique de détection de choc ne nécessite pas d'alimentation en énergie électrique pour son fonctionnement.
- [0019] Le dispositif micromécanique de détection de choc peut en outre présenter les caractéristiques suivantes :
- [0020] - la structure de liaison comprend une première poutre de liaison reliant l'indicateur au cadre et une deuxième poutre de liaison reliant l'indicateur à la masse inertielle, de sorte que le déplacement de la masse inertielle par rapport au cadre selon la première direction de déplacement provoque à la fois une flexion de la première poutre et une flexion de la deuxième poutre, entraînant le déplacement de l'indicateur selon la deuxième direction de déplacement ;
- [0021] - l'indicateur comprend un écran qui est à propre à masquer un repère visuel sous-jacent lorsque l'indicateur est dans la deuxième position initiale et à dévoiler le repère visuel lorsque l'indicateur est dans la deuxième position finale ;
- [0022] - l'écran comprend un bloc présentant une face externe et une série d'orifices non-débouchants formés à partir de la face externe ;
- [0023] - l'indicateur comprend une butée s'étendant à partir de l'écran, la butée étant propre à venir en contact avec le cadre pour limiter le déplacement de l'indicateur par rapport au cadre selon la deuxième direction de déplacement ;
- [0024] - la structure de verrouillage comprend une première dent montée fixe sur le cadre et une deuxième dent montée fixe sur la masse inertielle, et la deuxième dent est propre à être mise en prise avec la première dent lorsque la structure de verrouillage est dans la position verrouillée ;
- [0025] - la première dent comprend une première face de glissement et une première face de blocage, et la deuxième dent comprend une deuxième face de glissement et une deuxième face de blocage, agencées de telle sorte qu'au cours du déplacement de la masse inertielle de la première position initiale à la première position finale, la deuxième face de glissement de la deuxième dent glisse sur la première face de glissement de la première dent, autorisant un franchissement de la deuxième dent par la première dent, après quoi la deuxième face de blocage de la deuxième dent vient en butée contre la première face de blocage de la première dent, empêchant un retour de la masse inertielle vers la première position initiale ;
- [0026] - la structure de verrouillage comprend une pluralité de premières dents montées fixes sur le cadre et une pluralité de deuxièmes dents montées fixes sur la masse

- inertielle, et chaque deuxième dent est propre à être mise en prise avec une première dent respective lorsque la structure de verrouillage est dans la position verrouillée ;
- [0027] - le dispositif micromécanique de détection de choc comprend une structure de suspension reliant la masse inertielle au cadre, la structure de suspension étant propre à être déformée élastiquement lorsque la masse inertielle est déplacée par rapport au cadre depuis la première position initiale selon la première direction, et à générer une force de rappel élastique s'opposant au déplacement de la masse inertielle depuis la première position initiale ;
- [0028] - le dispositif micromécanique de détection de choc comprend une première couche de silicium, et le cadre, la masse inertielle, l'indicateur, la structure de liaison et la structure de verrouillage sont formés par gravure dans la première couche de silicium ;
- [0029] - le dispositif micromécanique de détection de choc comprend une deuxième couche de silicium et la structure de suspension est formée par gravure dans la deuxième couche de silicium ;
- [0030] - le dispositif micromécanique de détection de choc comprend une couche intermédiaire d'oxyde de silicium entre la première couche de silicium et la deuxième couche de silicium, la couche intermédiaire d'oxyde de silicium reliant la structure de suspension au cadre et reliant la structure de suspension à la masse inertielle ;
- [0031] - la deuxième couche de silicium et la couche intermédiaire d'oxyde de silicium présentent une ouverture ménagée en regard de l'indicateur, afin de laisser apparaître un repère visuel sous-jacent lorsque l'indicateur est dans la deuxième position finale.
- [0032] L'invention concerne en outre un ensemble de détection de choc comprenant :
- un dispositif micromécanique de détection de choc tel que défini précédemment, et
 - un support comprenant un logement propre à accueillir le dispositif micromécanique de détection de choc, le logement ayant un fond présentant un repère visuel, le repère visuel étant positionné de telle sorte que lorsque l'indicateur est dans la deuxième position initiale, l'indicateur couvre le repère visuel, le repère n'étant alors pas visible pour un observateur extérieur, et lorsque l'indicateur est dans la deuxième position finale, l'indicateur découvre le repère visuel, le repère visuel étant alors visible par l'observateur extérieur.
- [0033] Dans un mode de réalisation, l'ensemble de détection de choc comprend en outre un couvercle propre à être assemblé au support pour fermer le logement, le couvercle étant visuellement transparent pour permettre à un observateur extérieur de voir le repère visuel à travers le couvercle.

PRESENTATION DES DESSINS

- [0034] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des figures

annexées, parmi lesquelles :

- [0035] - la [Fig.1] représente de manière schématique, en vue éclatée, un ensemble de détection de choc conforme à un mode de réalisation possible de l'invention,
- [0036] - la [Fig.2] représente de manière schématique, en vue de dessus, l'ensemble de détection de choc, dans une configuration initiale,
- [0037] - la [Fig.3] représente de manière schématique, en vue de dessus, l'ensemble de détection de choc, dans une configuration finale, après détection d'un choc,
- [0038] - la [Fig.4] est une vue de détail montrant une structure de verrouillage en position déverrouillée,
- [0039] - la [Fig.5] est une vue de détail montrant une structure de verrouillage en position déverrouillée,
- [0040] - la [Fig.6] est une vue de dessus d'un indicateur,
- [0041] - la [Fig.7] est une vue en coupe de l'indicateur,
- [0042] - les figures 8A à 8D représentent de manière schématiques différents exemples possible d'une structure de liaison,
- [0043] - les figures 9A et 9B représentent de manière schématique différents exemples possibles d'une structure de verrouillage,
- [0044] - la [Fig.10] est une photographie prise au microscope électronique à balayage d'une partie d'un dispositif micromécanique de détection de choc, conforme à un mode de réalisation possible de l'invention,
- [0045] - les figures 11A et 11B représentent de manière schématique, respectivement en vue de face et en vue de côté, une protection balistique équipée d'ensembles de détection de choc.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

- [0046] Sur la [Fig.1], l'ensemble de détection de choc 1 représenté comprend un dispositif micromécanique de détection de choc 2 et un boîtier 3 propre à contenir le dispositif micromécanique de détection de choc 2.
- [0047] Le boîtier 3 comprend un support 31 et un couvercle 32.
- [0048] Le support 31 comprend un logement 33 propre à accueillir le dispositif micromécanique de détection de choc 2, de manière à immobiliser le dispositif micromécanique de détection de choc 2 par rapport au support 31.
- [0049] Le support 31 peut par exemple être formé en plastique, et présenter une épaisseur de 1,5 millimètres environ.
- [0050] Comme illustré sur la [Fig.1], le support 31 peut comprendre plusieurs logements emboîtés, propres à accueillir des dispositifs micromécanique de détection de choc de différentes tailles en fonction des besoins.
- [0051] Le couvercle 32 est propre à être assemblé au support 31 pour fermer le logement 33.
- [0052] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], le couvercle 32 est formé en un matériau

transparent au rayonnement lumineux dans une gamme de longueurs d'onde visibles (c'est-à-dire dans une gamme comprise entre pour une longueur d'onde dans le vide de 380 à 780 nanomètres) de manière à permettre à un observateur d'observer le dispositif micromécanique de détection de choc 2 à travers le couvercle 32.

- [0053] Le couvercle 32 peut par exemple comprendre une vitre présentant une épaisseur de 300 micromètres environ.
- [0054] Le logement 33 a un fond présentant un repère visuel 34. Le repère visuel peut être une zone en relief et/ou une zone colorée, avec une couleur différente de celle du fond, présentant des dimensions suffisantes pour être facilement visible par un observateur, par exemple des dimensions de l'ordre de 1 millimètre environ.
- [0055] Les différents composants du dispositif micromécanique de détection de choc 2 ont été formés par un procédé de gravure dans une plaquette comprenant plusieurs couches de matériau. La plaquette utilisée pour fabriquer le dispositif micromécanique de détection de choc 2 comprend une première couche de silicium 21, une deuxième couche de silicium 22 et une couche intermédiaire d'oxyde de silicium 23 disposée entre la première couche de silicium 21 et la deuxième couche de silicium 22. Ces différentes couches sont présentes dans le dispositif micromécanique de détection de choc 2 fabriqué.
- [0056] Le dispositif micromécanique de détection de choc 2 comprend un cadre 4, une masse inertielle 5, un indicateur 6, une structure de liaison 7, une ou plusieurs structure(s) de verrouillage 8 et une structure de suspension 9.
- [0057] Dans l'exemple illustrés sur les figures 1 à 3, le cadre 4 et la masse inertielle 5 ont été formés par gravure à la fois dans la première couche de silicium 21 et dans la deuxième couche de silicium 22. L'indicateur 6, la structure de liaison 7 et la ou les structure(s) de verrouillage 8 ont été formés par gravure dans la première couche de silicium 21. La structure de suspension 9 a été formée par gravure dans la deuxième couche de silicium 22.
- [0058] Le cadre 4 entoure la masse inertielle 5, l'indicateur 6, la structure de liaison 7, la ou les structure(s) de verrouillage 8 et la structure de suspension 9.
- [0059] De plus, le cadre 4 délimite une ouverture 41 laissant apparaître le fond du logement 33 à travers le dispositif de détection de choc 2. L'ouverture 41 est ménagée en regard de l'indicateur (6), à travers la couche intermédiaire d'oxyde de silicium (23) et la deuxième couche de silicium 22.
- [0060] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, la masse inertielle 5 est montée mobile par rapport au cadre 4 parallèlement à un premier axe de déplacement X1.
- [0061] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, la masse inertielle 5 est capable de se déplacer par rapport au cadre, parallèlement au premier axe de déplacement X1, sélectivement selon un premier sens de déplacement (flèche A) ou selon un deuxième sens

de déplacement (flèche B), opposé au premier sens de déplacement.

- [0062] La masse inertielle 5 est reliée au cadre 4 uniquement par l'intermédiaire de la structure de suspension 9, qui autorise le déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1.
- [0063] A cet effet, certaines portions de la couche intermédiaire d'oxyde de silicium 23 qui subsistent après la gravure, relie la structure de suspension 9 au cadre 4 et d'autres portions de la couche intermédiaire d'oxyde de silicium 23 qui subsistent après la gravure, relie la structure de suspension 9 à la masse inertielle 5.
- [0064] La structure de suspension 9 est propre à être déformée élastiquement lorsque la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1. Lorsque la structure de suspension 9 est déformée élastiquement, la structure de suspension 9 génère une force de rappel élastique s'opposant au déplacement de la masse inertielle 9 par rapport au cadre 4. La valeur de la force de rappel élastique générée par la structure de suspension 9 croît avec l'amplitude du déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4.
- [0065] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, la structure de suspension 9 comprend des poutres de suspension 91 et 92 s'étendant transversalement au premier axe de de déplacement X1. Le déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1 provoque une flexion des poutres de suspension 91 et 92.
- [0066] La structure de liaison 7 relie l'indicateur 6 au cadre 4 et à la masse inertielle 5. La structure de liaison 7 est configurée de telle sorte qu'un déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 selon la première direction X1 entraîne un déplacement corrélatif de l'indicateur 6 par rapport au cadre 4 parallèlement à un deuxième axe de déplacement X2.
- [0067] Dans l'exemple, illustré sur la [Fig.1], le deuxième axe de déplacement X2 est sensiblement perpendiculaire au premier axe de déplacement X1.
- [0068] Dans l'exemple, illustré sur les figures 1 à 3, la structure de liaison 7 comprend une première poutre de liaison 71 reliant l'indicateur 6 au cadre 4 et une deuxième poutre de liaison 72 reliant l'indicateur 6 à la masse inertielle 5. Ainsi, le déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1 provoque à la fois une flexion de la première poutre de liaison 71 et une flexion de la deuxième poutre de liaison 72.
- [0069] Dans l'exemple, illustré sur les figures 1 à 3, la première poutre de liaison 71 et la deuxième poutre de liaison 72 s'étendent parallèlement entre elles. De plus, lorsque l'ensemble de détection de choc 1 est dans la configuration initiale (configuration illustrée sur la [Fig.2]), la première poutre de liaison 71 et la deuxième poutre de liaison 72 s'étendent parallèlement au premier axe de déplacement X1.

- [0070] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, la structure de liaison comprend en outre une troisième poutre de liaison 73, s'étendant transversalement à la première poutre de liaison 71 et à la deuxième poutre de liaison 72. La troisième poutre de liaison relie la première poutre de liaison 71 et la deuxième poutre de liaison 72 entre elles.
- [0071] La troisième poutre de liaison 73 reliant la première poutre de liaison 71 et la deuxième poutre de liaison 72 entre elles permet de rigidifier la structure de liaison 7. La raideur de la structure de liaison 7 et la capacité d'amplification de la structure de liaison 7 peut être ajustée en fonction de la position de la troisième poutre de liaison 73 le long de la première poutre de liaison 71 et de la deuxième poutre de liaison 72.
- [0072] Plus généralement, le facteur d'amplification et la raideur de la structure de liaison 7 dépendent de la position de la troisième poutre de liaison 73 (qui définit la longueur de flexion de la première poutre de liaison 71 et de la deuxième poutre de liaison) et de l'écartement entre la première poutre de liaison 71 et la deuxième poutre de liaison 72.
- [0073] Lorsque l'ensemble de détection de choc 1 est dans la configuration initiale (configuration illustrée sur la [Fig.2]), la troisième poutre de liaison 73 s'étend parallèlement au deuxième axe de déplacement X2.
- [0074] L'indicateur 6 comprend un écran 61, une première butée 62 et une deuxième butée 63.
- [0075] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, l'écran 61 présente une forme de disque dont deux côtés ont été tronqués. La forme de l'écran 61 permet de mieux dégager le repère visuel sous-jacent 34 lorsque l'ensemble de détection de choc 1 est dans la configuration finale (configuration illustrée sur la [Fig.3]).
- [0076] La première butée 62 et la deuxième butée 63 s'étendent en saillie à partir de l'écran 61, de part et d'autre de l'écran 61.
- [0077] La première butée 62 est propre à venir en contact avec le cadre 4 pour limiter le déplacement de l'indicateur 6 par rapport au cadre parallèlement au deuxième axe de déplacement X2, dans un troisième sens de déplacement (flèche C). La deuxième butée 63 est propre à venir en contact avec le cadre 4 pour limiter le déplacement de l'indicateur 5 par rapport au cadre 4 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2, dans un quatrième sens de déplacement (flèche D), opposé au troisième sens de déplacement.
- [0078] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, le dispositif de détection de choc 1 comprend plusieurs structures de verrouillage 8.
- [0079] En particulier, les structures de verrouillage incluent une première structure de verrouillage 81 et une deuxième structure de verrouillage 82.
- [0080] La première structure de verrouillage 81 est illustrée plus en détail sur les figures 4 et 5.
- [0081] Comme visible sur les figures 4 et 5, la première structure de verrouillage 81

comprend une première poutre de verrouillage 83 montée fixe sur le cadre 4, une pluralité de premières dents 84 s'étendant en saillie à partir de la première poutre de verrouillage 83, une deuxième poutre de verrouillage 85 montée fixe sur la masse inertielle 5, et une pluralité de deuxièmes dents 86 s'étendant en saillie à partir de la deuxième poutre de verrouillage 85.

- [0082] Les deuxièmes dents 86 sont propres à être mise en prise avec les premières dents 84 lorsque la première structure de verrouillage 8 est dans la position verrouillée (position illustrée sur la [Fig.5]).
- [0083] Comme visible sur les figures 4 et 5, la première poutre de verrouillage 83 et la deuxième poutre de verrouillage 85 s'étendent parallèlement au premier axe de déplacement X1.
- [0084] Les premières dents 84 et les deuxièmes dents 86 sont orientées de sorte que les sommets des premières dents 84 sont dirigés vers la deuxième poutre de verrouillage 85 et les sommets des deuxièmes dents 86 sont dirigés vers la première poutre de verrouillage 83. De plus, comme illustré sur la [Fig.4], les deuxièmes dents 86 sont intercalées entre les premières dents 84.
- [0085] Chaque première dent 84 comprend une première face de glissement 841 et une première face de blocage 842. Les premières faces de glissement 841 sont orientées en formant un angle obtus par rapport à une direction longitudinale de la première poutre de verrouillage 83. Les premières faces de blocage 842 sont orientées en formant un angle droit ou un angle aigu par rapport à une direction longitudinale de la première poutre de verrouillage 83.
- [0086] De même, chaque deuxième dent 86 comprend une deuxième face de glissement 861 et une deuxième face de blocage 862. Les deuxièmes faces de glissement 861 sont orientées en formant un angle obtus par rapport à une direction longitudinale de la deuxième poutre de verrouillage 85. Les deuxièmes faces de blocage 862 sont orientées en formant un angle droit ou un angle aigu par rapport à une direction longitudinale de la deuxième poutre de verrouillage 85.
- [0087] Dans l'exemple illustré sur les figures 4 et 5, l'angle formé par les deuxièmes faces de glissement 861 est égal à l'angle formé par les premières faces de glissement 841, c'est-à-dire que les faces de glissement 841 et 861 sont parallèles entre elles.
- [0088] Comme illustré sur la [Fig.4], lorsque le dispositif micromécanique est dans la configuration initiale, chaque deuxième face de glissement 861 d'une deuxième dent 86 se trouve en regard d'une première face de glissement 841 d'une première dent respective 84.
- [0089] Lors d'un déplacement de la masse inertielle 5 dans le premier sens de déplacement (flèche A), la deuxième poutre de verrouillage 85 est déplacée par rapport à la première poutre de verrouillage 83 parallèlement au premier axe de déplacement X1,

dans le premier sens. Ainsi, les deuxièmes dents 86 sont déplacées par rapport aux premières dents 84 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le premier sens.

- [0090] Chaque deuxième dent 86 vient alors en contact avec une première dent 84 respective. Plus précisément, la deuxième face de glissement 861 vient en contact avec la première face de glissement 841 située en regard et glisse sur la première face de glissement 841. Au cours du déplacement de la deuxième poutre de verrouillage 85 par rapport à la première poutre de verrouillage 83, les faces de glissement 841 et 861 forment des rampes de guidage. Le glissement de la deuxième face de glissement 861 sur la première face de glissement 841 provoque une déformation élastique des poutres de verrouillage 83 et 85. Autrement dit, les poutres de verrouillage 83 et 85 fléchissent en s'écartant l'une de l'autre.
- [0091] La deuxième face de glissement 861 glisse sur la première face de glissement 841 jusqu'à ce que la deuxième dent 86 franchisse la première dent 84.
- [0092] Une fois que la deuxième dent 86 a franchi la première dent 84, les poutres de verrouillage 83 et 85 reviennent dans leur état initial, en se rapprochant l'une de l'autre, du fait de leur élasticité.
- [0093] La deuxième face de blocage 862 de la deuxième dent 86 se trouve alors en regard de la première face de blocage 842 de la première dent 84.
- [0094] Sous l'effet de la force de rappel élastique exercée par la structure de suspension 9 sur la masse inertielle 5, la deuxième poutre de verrouillage 85 est déplacée par rapport à la première poutre de verrouillage 83 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le deuxième sens (flèche B), opposé au premier sens.
- [0095] Cela a pour conséquence que la deuxième face de blocage 862 de chaque deuxième dent 86 vient en butée contre la première surface de blocage 842 d'une première dent 84 respective, empêchant un retour de la masse inertielle 5 vers la première position initiale. De cette manière, chaque deuxième dent 86 est mise en prise avec une première dent 84 respective lorsque la première structure de verrouillage 81 est dans la position verrouillée (position illustrée sur la [Fig.5]).
- [0096] Il est à noter que la deuxième structure de verrouillage 82 fonctionne de la même manière que la première structure de verrouillage 81, excepté que la deuxième structure de verrouillage est configurée pour passer d'une position déverrouillée à une position verrouillée lors d'un déplacement de la masse inertielle 5 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le deuxième sens de déplacement (flèche B).
- [0097] C'est pourquoi, le dispositif micromécanique de détection de choc 2 est appelé « bidirectionnel », en ce sens qu'il est capable de détecter
- [0098] En fonctionnement, le dispositif micromécanique de détection de choc 2 est initialement dans la configuration initiale (configuration illustrée sur la [Fig.2]).

- [0099] Dans cette configuration initiale, la masse inertielle 5 se trouve dans une première position initiale. L'indicateur 6 se trouve dans une deuxième position initiale. De plus, les structures de verrouillage 8 (incluant la première structure de verrouillage 81 et la deuxième structure de verrouillage 82) se trouvent en position déverrouillée.
- [0100] Dans la deuxième position initiale de l'indicateur 6, l'indicateur 6 masque le repère visuel 34 sous-jacent. Autrement dit, le repère visuel 34 sous-jacent n'est pas visible pour un observateur qui observe le dispositif micromécanique de détection de choc 2 à travers le couvercle 32 du boîtier 3.
- [0101] Lorsque le dispositif micromécanique de détection de choc 2 subit un choc, c'est-à-dire lorsque le dispositif micromécanique de détection de choc 2 subit une accélération brusque, ayant une composante d'accélération parallèle au premier axe de déplacement X1, cette accélération est transmise par le cadre 4 à la masse inertielle 5 par le biais de la structure de suspension 9. La structure de suspension 9 tend alors à se déformer élastiquement du fait de l'inertie de la masse inertielle 5.
- [0102] La masse inertielle 5 est alors déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1.
- [0103] Si le choc est dirigé dans le premier sens de déplacement (flèche A), alors la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le premier sens de déplacement (flèche A).
- [0104] A l'inverse, si le choc est dirigé dans le deuxième sens de déplacement (flèche B), alors la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le deuxième sens de déplacement (flèche B).
- [0105] Le déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 provoque une flexion de la structure de liaison 7, et par conséquent un déplacement corrélatif de l'indicateur 6 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2.
- [0106] Plus précisément, le déplacement de la masse inertielle 5 provoque une flexion de la première poutre de liaison 71 et de la deuxième poutre de liaison 72. La flexion de la première poutre de liaison 71 et de la deuxième poutre de liaison 72 entraîne le déplacement de l'indicateur 6 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2.
- [0107] Si la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le premier sens de déplacement (flèche A), alors l'indicateur 6 est déplacé par rapport au cadre 4 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2, dans le troisième sens de déplacement (flèche C) (cas illustré sur la [Fig.3]).
- [0108] A l'inverse, si la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le deuxième sens de déplacement (flèche B), alors l'indicateur 6 est déplacé par rapport au cadre 4 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2, dans le quatrième sens de déplacement (flèche D).

- [0109] La structure de liaison 7 permet ainsi de convertir un premier déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 présentant une première amplitude de déplacement en un deuxième déplacement de l'indicateur 6 par rapport au cadre 4 présentant une deuxième amplitude de déplacement, supérieure à la première amplitude de déplacement.
- [0110] La structure de liaison 7 permet par exemple de convertir un premier déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 présentant une première amplitude de déplacement de quelques dizaines de micromètres (inférieure à un millimètre) en un deuxième déplacement de l'indicateur 6 par rapport au cadre 4 présentant une deuxième amplitude de déplacement supérieure ou égale à un millimètre, visible à l'œil nu.
- [0111] A titre d'exemple, le facteur d'amplification de la structure de liaison peut être de l'ordre de 10 : cela signifie qu'un premier déplacement de la masse inertielle par rapport au cadre présentant une première amplitude de déplacement (par exemple 80 micromètres) est converti en un deuxième déplacement de l'indicateur par rapport au cadre présentant une deuxième amplitude de déplacement égale à 10 fois la première amplitude de déplacement (par exemple 800 micromètres).
- [0112] En parallèle, le déplacement de la masse inertielle 5 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le premier sens de déplacement (flèche A), depuis la première position initiale (position de la masse inertielle 5 illustrée sur la [Fig.2]) entraîne également un déplacement corrélatif des deuxièmes dents 86 du premier dispositif de verrouillage 81 par rapport aux premières dents 84 du premier dispositif de verrouillage 81.
- [0113] Si l'intensité du choc est supérieure à un seuil d'intensité prédéfini, c'est-à-dire si le pic d'accélération subi par le dispositif micromécanique de détection de choc 2 présente une valeur maximum supérieure à une valeur seuil prédéfinie, la masse inertielle 5 se déplace depuis la première position initiale jusqu'à une première position finale (position de la masse inertielle 5 illustrée sur la [Fig.3]).
- [0114] Le déplacement de la masse inertielle 5 parallèlement au premier axe de déplacement X1 depuis la première position initiale jusqu'à la première position finale entraîne un déplacement corrélatif de l'indicateur 6 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2 depuis la deuxième position initiale (position de l'indicateur 6 illustrée sur la [Fig.2]) jusqu'à une deuxième position finale (position de l'indicateur 6 illustrée sur la [Fig.3]).
- [0115] Au cours du déplacement de la masse inertielle 5 parallèlement au premier axe de déplacement X1, la structure de suspension 9 exerce sur la masse inertielle 5 une force de rappel élastique tendant à s'opposer au déplacement de la masse inertielle 5. En effet, le déplacement de la masse inertielle 5 par rapport au cadre 4 a pour effet de déformer

élastiquement les poutres de suspension 91 et 92. Plus précisément, les poutres de suspension 91 et 92 fléchissent. En fléchissant, les poutres de suspension 91 et 92 exercent sur la masse inertielle 5 une force de rappel élastique, tendant à ramener la masse inertielle 5 vers la première position initiale.

- [0116] Cependant, le déplacement de la masse inertielle 5 depuis la première position initiale (position illustrée sur la [Fig.2]) jusqu'à la première position finale (position illustrée sur la [Fig.3]) a pour effet de faire passer la première structure de verrouillage 81 de la position déverrouillée (position illustrée sur la [Fig.4]) à la position verrouillée (position illustrée sur la [Fig.5]).
- [0117] Autrement dit, lorsque l'amplitude du déplacement de la masse inertielle 6 à partir de la première position initiale dépasse un seuil de déplacement prédéfini, la première structure de verrouillage 81 passe de la position déverrouillée à la position verrouillée.
- [0118] Une fois en position verrouillée, la première structure de verrouillage 81 empêche un retour de la masse inertielle 5 vers la première position initiale.
- [0119] Par conséquent, l'indicateur 6 est maintenu dans la deuxième position finale.
- [0120] Dans la deuxième position finale de l'indicateur 6, l'indicateur 6 ne masque plus le repère visuel 34 sous-jacent. Autrement dit, le repère visuel 34 sous-jacent est visible par un observateur qui observe le dispositif micromécanique de détection de choc 2 à travers le couvercle 32 du boîtier 3.
- [0121] Le dispositif micromécanique de détection de choc 2 se trouve alors dans la configuration finale, telle qu'illustrée sur la [Fig.3].
- [0122] Le dispositif micromécanique de détection de choc 2 fonctionne de la même manière lorsque la masse inertielle 5 est déplacée par rapport au cadre 4 parallèlement au premier axe de déplacement X1, dans le deuxième sens de déplacement (flèche B). L'indicateur 6 est alors déplacé par rapport au cadre 4 parallèlement au deuxième axe de déplacement X2, dans le quatrième sens de déplacement (flèche D).
- [0123] Dans ce cas, le déplacement de la masse inertielle 5 a pour effet de faire passer la deuxième structure de verrouillage 82 de la position déverrouillée à la position verrouillée.
- [0124] Par une simple observation du dispositif micromécanique de détection de choc 2, un observateur est capable de déterminer si le dispositif micromécanique de détection de choc 2 se trouve dans la configuration initiale (dans ce cas, le repère visuel n'est pas visible) ou si le dispositif micromécanique de détection de choc 2 se trouve dans la configuration finale (dans ce cas, le repère visuel est visible).
- [0125] Si le dispositif micromécanique de détection de choc 2 se trouve dans la configuration initiale, cela signifie que le dispositif micromécanique de détection de choc 2 n'a pas subi de choc dont l'intensité serait supérieure au seuil d'intensité prédéfini.
- [0126] Si le dispositif micromécanique de détection de choc 2 se trouve dans la confi-

guration finale, cela signifie que le dispositif micromécanique de détection de choc 2 a subi un choc dont l'intensité est supérieure au seuil d'intensité prédéfini.

- [0127] De plus, dans le cas où le dispositif de détection de choc 2 se trouve dans la configuration finale, l'observateur est également capable de déterminer dans quel sens s'est produit le choc, en fonction de la position de l'indicateur 6 par rapport au repère visuel 34.
- [0128] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, si l'indicateur 6 se trouve à droite du repère visuel 34, cela signifie que le choc s'est produit dans le premier sens de déplacement (flèche A), tandis que si l'indicateur 6 se trouve à gauche du repère visuel 34, cela signifie que le choc s'est produit dans le deuxième sens de déplacement (flèche B).
- [0129] C'est pourquoi, dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 à 3, le dispositif micromécanique de détection de choc 2 est dit « bidirectionnel », en ce sens qu'il est capable de détecter un choc selon deux sens possibles.
- [0130] Il serait bien entendu possible de concevoir un dispositif de détection de choc « monodirectionnel », qui comprendrait une première structure de verrouillage 81 mais pas de deuxième structure de verrouillage 82.
- [0131] Comme illustré sur les figures 6 et 7, dans un mode de réalisation du dispositif de verrouillage 2, l'écran 61 comprend un bloc 67 présentant une face interne 64, une face externe 65, et une série d'orifices 66 non-débouchants formés à partir de la face externe 65. Les orifices 66 ne traversent pas la totalité de l'épaisseur du bloc 67, et ne débouchent pas du côté de la face interne 64.
- [0132] Les orifices 66 peuvent être formés dans le bloc 67 au cours du procédé de gravure du dispositif micromécanique de détection de choc 2. Les orifices 66 peuvent par exemple présenter une profondeur de 150 micromètres lorsque la première couche de silicium 21 présente une épaisseur de 200 micromètres. De plus, dans l'exemple illustré sur les figures 6 et 7, chaque orifice 66 présente une section transversale (section dans un plan orthogonale à l'axe de l'orifice) de forme carrée ayant un côté de 20 micromètres. Les orifices 66 sont positionnés les uns par rapport aux autres avec un pas constant entre deux orifices successifs, par exemple un pas de 25 micromètres entre deux orifices successifs. Dans ce cas, l'espacement entre deux orifices successifs est le 5 micromètres.
- [0133] La réalisation des orifices 66 dans le bloc 67 de l'écran mobile 61 permet de diminuer la masse totale de l'écran mobile 61. L'évidement du bloc 67 à l'aide des orifices 66 entraîne une diminution de la masse théorique de l'écran 61 pouvant aller jusqu'à 50 % environ, et conduit de ce fait à une diminution des contraintes générées dans la structure de liaison 7 qui supporte l'indicateur 6 en porte-à-faux. Par exemple, la masse de l'écran 61 sans les orifices 66 peut être de 0,37 milligrammes, tandis la

masse de l'écran 61 avec les orifices 66 peut être de 0,17 milligrammes.

- [0134] Les figures 8A à 8D représentent de manière schématiques différents exemples possible d'une structure de liaison 7.
- [0135] Sur la [Fig.8A], la structure de liaison 7 comprend une première poutre de liaison 71 reliant l'indicateur 6 au cadre 4, une deuxième poutre de liaison 72 reliant l'indicateur 6 à la masse inertielle 5, et une troisième poutre de liaison 73 s'étendant transversalement à la première poutre de liaison 71 et à la deuxième poutre de liaison 72, et reliant la première poutre de liaison 71 à la deuxième poutre de liaison 72. Autrement dit, la structure de liaison 7 présente une forme générale en H.
- [0136] Avec cette configuration de la structure de liaison 7, il peut exister un risque de perte d'information en cas de rupture de la liaison encastrement entre la première poutre de liaison 71 et le cadre 4 et de la liaison encastrement entre la deuxième poutre de liaison 72 et la masse inertielle 5 (les endroits où se produisent les ruptures sont désignés par « R »).
- [0137] Sur la [Fig.8B], la structure de liaison 7 comprend une première poutre de liaison 71, une deuxième poutre de liaison 72, une troisième poutre de liaison 73 et une quatrième poutre de liaison 74.
- [0138] La première poutre de liaison 71 relie le cadre 4 à la troisième poutre de liaison 73. La deuxième poutre de liaison 72 relie la masse inertielle 5 à la troisième poutre de liaison 73. La quatrième poutre de liaison 74 relie la troisième poutre de liaison 73 à l'indicateur 6.
- [0139] Autrement dit, la première poutre de liaison 71 relie le cadre 4 à l'indicateur 6 et la deuxième poutre de liaison 72 relie la masse inertielle 5 à l'indicateur 6 par l'intermédiaire de la troisième poutre de liaison 73 et de la quatrième poutre de liaison 74.
- [0140] Cette configuration de la structure de liaison 7 permet de limiter le risque de perte d'information. En effet, en cas de rupture, celle-ci se produit préférentiellement à l'endroit de la liaison encastrement entre la quatrième poutre de liaison 74 et la troisième poutre de liaison 73, de sorte que la première poutre de liaison 71, la deuxième poutre de liaison 72 et la troisième poutre de liaison 73 subsistent.
- [0141] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.8B], la quatrième poutre de liaison 74 présente une forme rectiligne.
- [0142] Sur la [Fig.8C], la structure de liaison 7 est identique à la structure de liaison de la [Fig.8B], excepté que la quatrième poutre de liaison 74 présente une forme ondulée, c'est-à-dire définissant une alternance de courbes dans un premier sens, et dans un deuxième sens, opposé au premier sens.
- [0143] Cette configuration de la structure de liaison 7 permet de limiter le risque de rupture de la liaison encastrement entre la quatrième poutre de liaison 74 et la troisième poutre

de liaison 73, en augmentant la flexibilité de la quatrième poutre de liaison 74.

[0144] Cette configuration de la structure de liaison permet également de limiter le risque de perte d'information en cas de rupture de la liaison encastrement entre la quatrième poutre de liaison 74 et la troisième poutre de liaison 73.

[0145] Sur la [Fig.8D], la structure de liaison 7 comprend une première poutre de liaison 71, une deuxième poutre de liaison 72, une troisième poutre de liaison 73 et une quatrième poutre de liaison 74.

[0146] La première poutre de liaison 71 relie le cadre 4 à la troisième poutre de liaison 73. La deuxième poutre de liaison 72 relie la masse inertielle 5 à la troisième poutre de liaison 73.

[0147] La quatrième poutre de liaison 74 est reliée à la troisième poutre de liaison 73 par l'intermédiaire d'une structure en H.

[0148] La quatrième poutre de liaison 74 relie la troisième poutre de liaison 73 à l'indicateur 6 par l'intermédiaire de la structure en H.

[0149] Cette configuration de la structure de liaison 7 permet de limiter le risque de rupture de la liaison entre la quatrième poutre de liaison 74 et la troisième poutre de liaison 73, en augmentant l'élasticité de la liaison grâce à la structure en H.

[0150] Cette configuration de la structure de liaison 7 permet également de limiter le risque de perte d'information en cas de rupture de la liaison entre la quatrième poutre de liaison et la structure en H.

[0151] Les figures 9A et 9B représentent de manière schématique différents exemples possibles d'une structure de verrouillage 8.

[0152] Sur la [Fig.9A], la première poutre de verrouillage 83 présente une première extrémité reliée au cadre 4 par une liaison encastrement, et une deuxième extrémité, libre, opposée à la première extrémité.

[0153] La structure de verrouillage 8 est configurée de sorte que lorsque la structure de verrouillage 8 est en position verrouillée, les deuxièmes dents 86 exercent sur les premières dents 84 une force de compression, dirigée vers la première extrémité de la première poutre de verrouillage 83.

[0154] Autrement dit, les deuxièmes dents 86 poussent la première poutre de verrouillage 83 vers la liaison encastrement entre la première poutre de verrouillage 83 et le cadre 4.

[0155] Sur la [Fig.9B], la première poutre de verrouillage 83 présente une première extrémité libre, et une deuxième extrémité, opposée à la première extrémité, et reliée au cadre 4 par une liaison encastrement.

[0156] La structure de verrouillage 8 est configurée de sorte que lorsque la structure de verrouillage 8 est en position verrouillée, les deuxièmes dents 86 exercent sur les premières dents 84 une force de traction, dirigée vers la première extrémité libre de la première poutre de verrouillage 83.

- [0157] Autrement dit, les deuxièmes dents 86 tirent la première poutre de verrouillage 85 en l'éloignant de la liaison encastrement entre la première poutre de verrouillage 85 et le cadre 4.
- [0158] La [Fig.10] est une photographie prise au microscope électronique à balayage d'une partie d'un dispositif micromécanique de détection de choc 2, conforme à un mode de réalisation possible de l'invention.
- [0159] Le dispositif micromécanique de détection de choc 2 a été réalisé par un procédé de photolithographie et gravure plasma dans une plaquette de 6 pouces (environ 15 centimètres) de diamètre, de type SOI 200/2/400 (c'est-à-dire constituée d'une première couche de silicium présentant une épaisseur de 200 micromètres, une couche intermédiaire d'oxyde de silicium présentant une épaisseur de 2 micromètres, et une deuxième couche de silicium présentant une épaisseur de 400 micromètres).
- [0160] Comme cela est visible sur la photographie, le dispositif micromécanique de détection de choc 2 comprend une structure de liaison conforme à celle qui est représentée sur la [Fig.8B].
- [0161] L'ensemble de détection 1 présente une empreinte surfacique de l'ordre de 1 centimètre carré pour une épaisseur comprise entre 1 et 2 millimètres.
- [0162] L'ensemble de détection 1 peut être intégré dans un équipement, tel qu'une protection balistique par exemple.
- [0163] Les figures 11A et 11B représentent de manière schématique, respectivement en vue de face et en vue de côté, une protection balistique 100 équipée de plusieurs ensembles de détection de choc 1a, 1b, 1c et 1c.
- [0164] Sur les figures 11A et 11B, la protection balistique 100 comprend une plaque de protection 101 présentant une face avant 102, une face arrière 103, opposée à la face avant, et une face de côté 103 (ou tranche) s'étendant transversalement à la face avant 102 et à la face arrière 103. La plaque peut être une plaque en matériau céramique.
- [0165] La plaque 101 est destinée à être insérée dans un gilet pare-balle.
- [0166] Dans cet exemple, la plaque 101 est munie de quatre ensembles de détection de choc 1a, 1b, 1c et 1d, fixés à la plaque 101.
- [0167] Les ensembles de détection de choc incluent un premier ensemble de détection de choc 1a fixé sur la face avant 102, un deuxième ensemble de détection de choc 1b fixé sur la face avant 102, un troisième ensemble de détection de choc 1c fixé sur la face de côté 104 et un quatrième ensemble de détection de choc 1d fixé sur la face de côté 104 de la plaque 101.
- [0168] Le premier ensemble de détection de choc 1a est orienté pour détecter des chocs subis par la plaque de protection 101, dans une première direction principale de détection X1a parallèle à une première diagonale de la face avant 102 de la plaque de protection 101.

- [0169] Le premier ensemble de détection de choc 1a est un ensemble de détection bidirectionnel, c'est-à-dire qu'il est capable de détecter un choc subi par la plaque de protection 101 orienté aussi bien dans un premier sens parallèlement la première direction principale de détection X1a, que dans un deuxième sens, opposé au premier sens, le long de la première direction principale de détection X1a.
- [0170] Le deuxième ensemble de détection de choc 1b est orienté pour détecter des chocs subis par la plaque de protection 101, dans une deuxième direction principale de détection X1b parallèle à une deuxième diagonale de la face avant 102 de la plaque de protection 101, différente de la première diagonale.
- [0171] Le deuxième ensemble de détection de choc 1b est également un ensemble de détection bidirectionnel, c'est-à-dire qu'il est capable de détecter un choc orienté aussi bien dans un premier sens le long de la deuxième direction principale de détection X1b, que dans un deuxième sens, opposé au premier sens, le long de la deuxième direction principale de détection X1b.
- [0172] Le troisième ensemble de détection de choc 1c est orienté pour détecter des chocs subis par la plaque de protection 101, dans une troisième direction principale de détection X1c orthogonale à la face avant 102 de la plaque de protection 101, selon un premier sens.
- [0173] Le quatrième ensemble de détection de choc 1d est orienté pour détecter des chocs subis par la plaque de protection 101, dans la troisième direction principale de détection X1c, selon une deuxième sens, opposé au premier sens.
- [0174] Le troisième ensemble de détection de choc 1c et le quatrième ensemble de détection de choc 1d sont des ensembles de détection monodirectionnel, c'est-à-dire qu'ils sont chacun adaptés pour détecter des chocs subis par la plaque de protection 101 dans un unique sens.
- [0175] Les ensembles de détection 1a, 1b, 1c et 1d permettent de vérifier que la plaque de protection 101 n'a pas subi de chocs qui pourraient endommager le matériau de la plaque de protection 101 et compromettre l'efficacité de la protection balistique 100.
- [0176] Dans l'exemple illustré sur les figures 11A et 11B, les positions d'implantations choisies des ensembles de détection 1a, 1b, 1c et 1d permettent de détecter des chocs subis par la protection balistiques 100 selon différentes configurations de chutes :
- les ensembles de détections 1a et 1b positionnés sur la face avant 102 de la plaque de protection 101 permettent de détecter des chutes sur les 4 coins de la plaque de la plaque de protection 101,
 - les ensembles de détection 1c et 1d positionnés sur la tranche de la plaque de protection 101 permettent de détecter des chutes sur la face avant et sur la face arrière.
- [0177] Dans l'exemple illustré sur les figures 1 à 3, l'ensemble de détection 1 comprend un boîtier 3, incluant un support 31. Le support 31 peut être fixé par collage à

l'équipement à surveiller.

[0178] A titre d'alternative, il serait possible de former le support 31 directement dans un composant de l'équipement à surveiller, par exemple en ménageant un logement 33 directement dans le composant au moment de sa fabrication, sans qu'il soit nécessaire de prévoir un support 31 séparé.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif micromécanique de détection de choc (2), comprenant :
- un cadre (4),
 - une masse inertielle (5), présentant une première position initiale, la masse inertielle (5) étant montée mobile par rapport au cadre (4) selon une première direction de déplacement (X1),
 - un indicateur (6) présentant une deuxième position initiale, l'indicateur (6) étant monté mobile par rapport au cadre (4) selon une deuxième direction de déplacement (X2),
 - une structure de liaison (7) reliant l'indicateur (6) à la masse inertielle (5) et au cadre (4), la structure de liaison (7) étant configurée de telle sorte qu'un déplacement de la masse inertielle (5) selon la première direction de déplacement (X1) depuis la première position initiale jusqu'à une première position finale entraîne un déplacement corrélatif de l'indicateur (6) selon la deuxième direction de déplacement (X2) depuis la deuxième position initiale jusqu'à une deuxième position finale,
 - une structure de verrouillage (8), mobile entre une position déverrouillée et une position verrouillée, le déplacement de la masse inertielle (6) selon la première direction de déplacement (X1) depuis la première position initiale jusqu'à la première position finale ayant pour effet de faire passer la structure de verrouillage (8) de la position déverrouillée à la position verrouillée, la structure de verrouillage (8) étant configurée de sorte qu'une fois en position verrouillée, la structure de verrouillage (8) empêche un retour de la masse inertielle (5) vers la première position initiale, ce qui a pour effet de maintenir l'indicateur (6) dans la deuxième position finale.
- [Revendication 2] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 1, dans lequel la structure de liaison (7) comprend une première poutre de liaison (71) reliant l'indicateur (6) au cadre (4) et une deuxième poutre de liaison (72) reliant l'indicateur (6) à la masse inertielle (5), de sorte que le déplacement de la masse inertielle (5) par rapport au cadre (4) selon la première direction de déplacement (X1) provoque à la fois une flexion de la première poutre (71) et une flexion de la deuxième poutre (72), entraînant le déplacement de l'indicateur selon la deuxième direction de déplacement (X2).
- [Revendication 3] Dispositif micromécanique de détection de choc (2) selon l'une des re-

vendications 1 et 2, dans lequel l'indicateur (6) comprend un écran (61) qui est à propre à masquer un repère visuel (34) sous-jacent lorsque le l'indicateur (6) est dans la deuxième position initiale et à dévoiler le repère visuel (34) lorsque l'indicateur (6) est dans la deuxième position finale.

[Revendication 4] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 3, dans lequel l'écran (61) comprend un bloc (67) présentant une face externe (65) et une série d'orifices (66) non-débouchants formés à partir de la face externe (65).

[Revendication 5] Dispositif selon l'une des revendications 3 et 4, dans lequel l'indicateur (6) comprend une butée (62, 63) s'étendant à partir de l'écran (61), la butée (62, 63) étant propre à venir en contact avec le cadre (4) pour limiter le déplacement de l'indicateur (6) par rapport au cadre (4) selon la deuxième direction de déplacement (X2).

[Revendication 6] Dispositif micromécanique de détection de choc selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la structure de verrouillage (8) comprend une première dent (84) montée fixe sur le cadre (4) et une deuxième dent (86) montée fixe sur la masse inertielle (5), et dans lequel la deuxième dent (86) est propre à être mise en prise avec la première dent (84) lorsque la structure de verrouillage (8) est dans la position verrouillée.

[Revendication 7] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 6, dans lequel la première dent (84) comprend une première face de glissement (841) et une première face de blocage (842), et la deuxième dent (86) comprend une deuxième face de glissement (861) et une deuxième face de blocage (862), agencées de telle sorte qu'au cours du déplacement de la masse inertielle (5) de la première position initiale à la première position finale, la deuxième face de glissement (861) de la deuxième dent (86) glisse sur la première face de glissement (841) de la première dent (84), autorisant un franchissement de la deuxième dent (86) par la première dent (84), après quoi la deuxième face de blocage (862) de la deuxième dent (86) vient en butée contre la première face de blocage (842) de la première dent (84), empêchant un retour de la masse inertielle (5) vers la première position initiale.

[Revendication 8] Dispositif micromécanique de détection de choc selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel la structure de verrouillage (8) comprend une pluralité de premières dents (84) montées fixes sur le cadre (4) et une pluralité de deuxièmes dents (86) montées fixes sur la masse

inertielle (5), et dans lequel chaque deuxième dent (86) est propre à être mise en prise avec une première dent (84) respective lorsque la structure de verrouillage est dans la position verrouillée.

[Revendication 9] Dispositif micromécanique de détection de choc selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant une structure de suspension (9) reliant la masse inertielle (5) au cadre (4), la structure de suspension (9) étant propre à être déformée élastiquement lorsque la masse inertielle (5) est déplacée par rapport au cadre (4) depuis la première position initiale selon la première direction, et à générer une force de rappel élastique s'opposant au déplacement de la masse inertielle (5) depuis la première position initiale.

[Revendication 10] Dispositif micromécanique de détection de choc selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant une première couche de silicium (21) et dans lequel le cadre (4), la masse inertielle (5), l'indicateur (6), la structure de liaison (7) et la structure de verrouillage (8) sont formés par gravure dans la première couche de silicium (21).

[Revendication 11] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 10, comprenant une deuxième couche de silicium (22) et dans lequel la structure de suspension (9) est formée par gravure dans la deuxième couche de silicium (22).

[Revendication 12] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 11, comprenant une couche intermédiaire d'oxyde de silicium (23) entre la première couche de silicium (21) et la deuxième couche de silicium (22), la couche intermédiaire d'oxyde de silicium (23) reliant la structure de suspension (9) au cadre (4) et reliant la structure de suspension (9) à la masse inertielle (5).

[Revendication 13] Dispositif micromécanique de détection de choc selon la revendication 12, dans lequel la deuxième couche de silicium (22) et la couche intermédiaire d'oxyde de silicium (23) présentent une ouverture (41) ménagée en regard de l'indicateur (6), afin de laisser apparaître un repère visuel sous-jacent (34) lorsque l'indicateur (6) est dans la deuxième position finale.

[Revendication 14] Ensemble de détection de choc (1) comprenant :

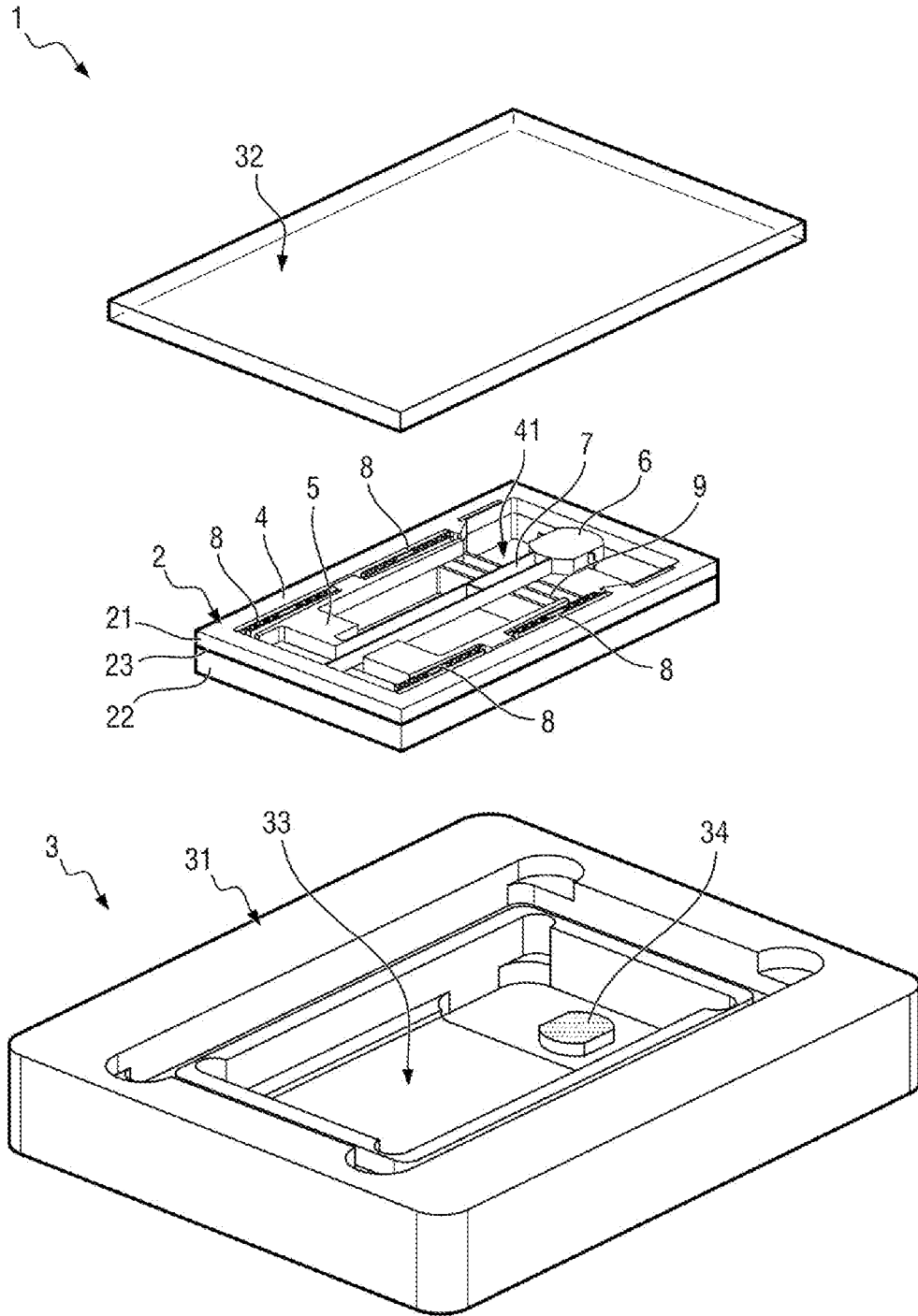
- un dispositif micromécanique de détection de choc (2) selon l'une des revendications 1 à 13, et
- un support (31) comprenant un logement (33) propre à accueillir le dispositif micromécanique de détection de choc (2), le logement (33) ayant un fond présentant un repère visuel (34),

le repère visuel (34) étant positionné de telle sorte que lorsque l'indicateur (6) est dans la deuxième position initiale, l'indicateur (6) couvre le repère visuel (34), le repère n'étant alors pas visible pour un observateur extérieur, et lorsque l'indicateur (6) est dans la deuxième position finale, l'indicateur (6) découvre le repère visuel (34), le repère visuel (34) étant alors visible par l'observateur extérieur.

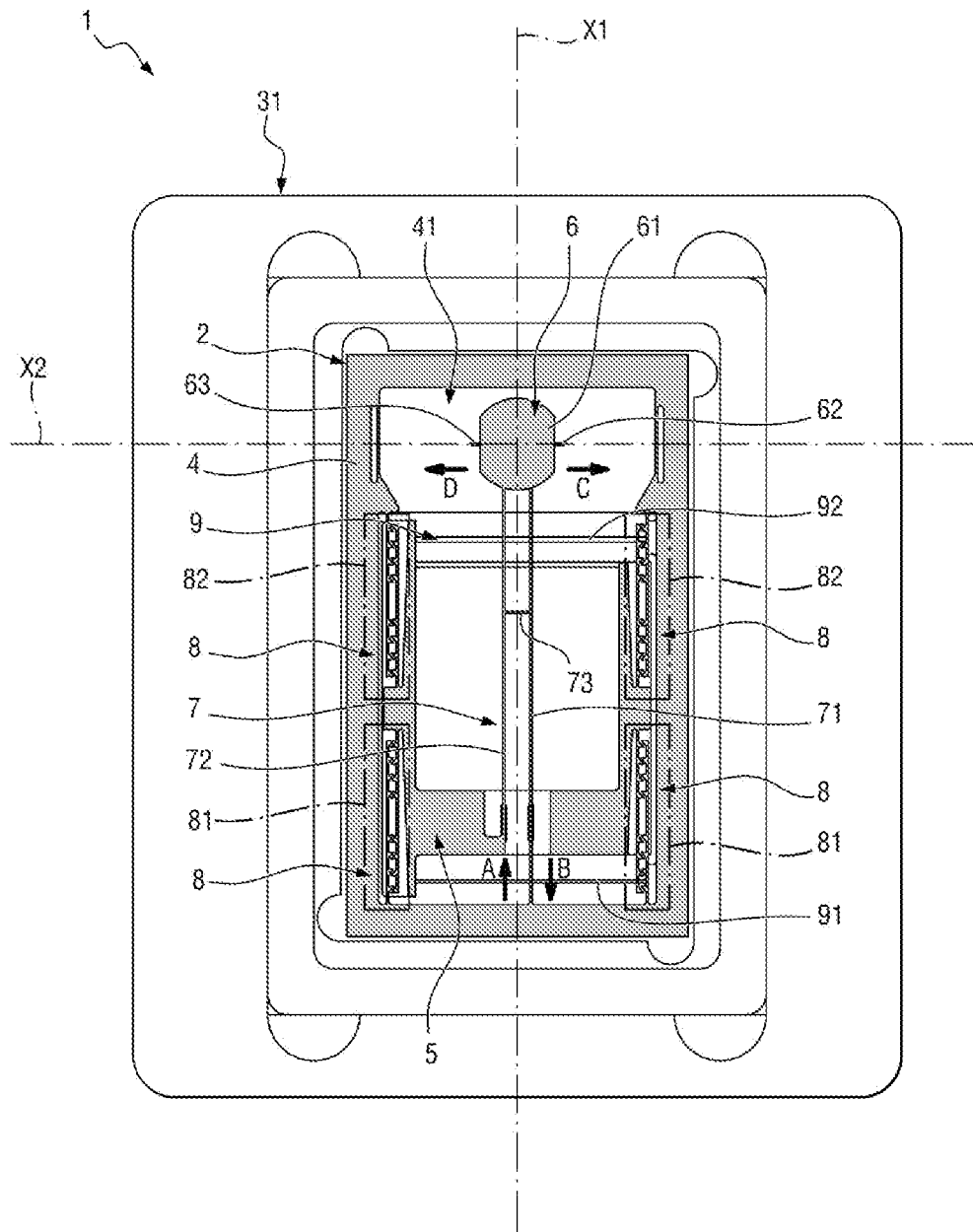
[Revendication 15]

Ensemble de détection de choc (1) selon la revendication 14, comprenant un couvercle (32) propre à être assemblé au support (31) pour fermer le logement (33), le couvercle (32) étant visuellement transparent pour permettre à un observateur extérieur de voir le repère visuel (34) à travers le couvercle (32).

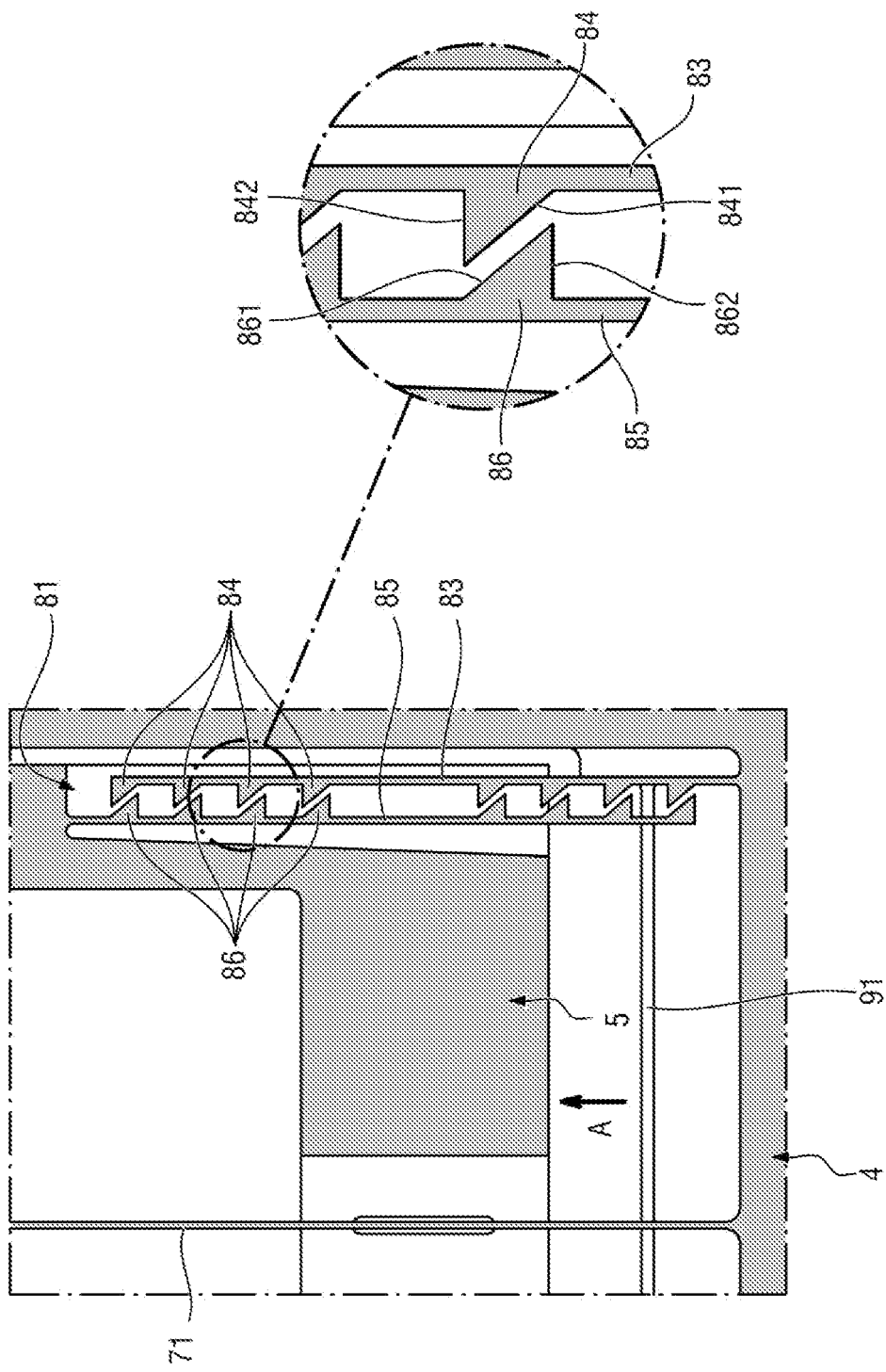
[Fig. 1]



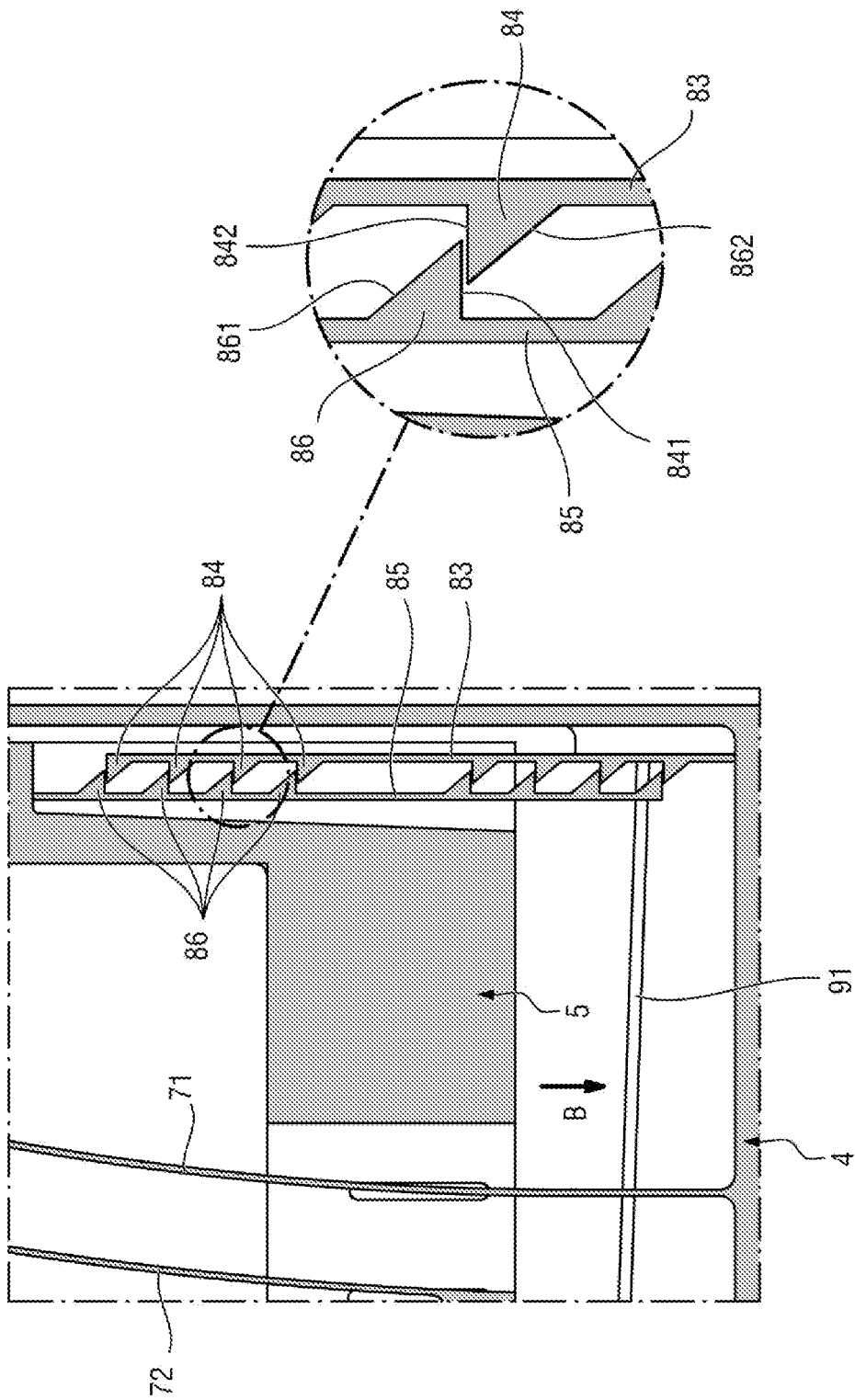
[Fig. 2]



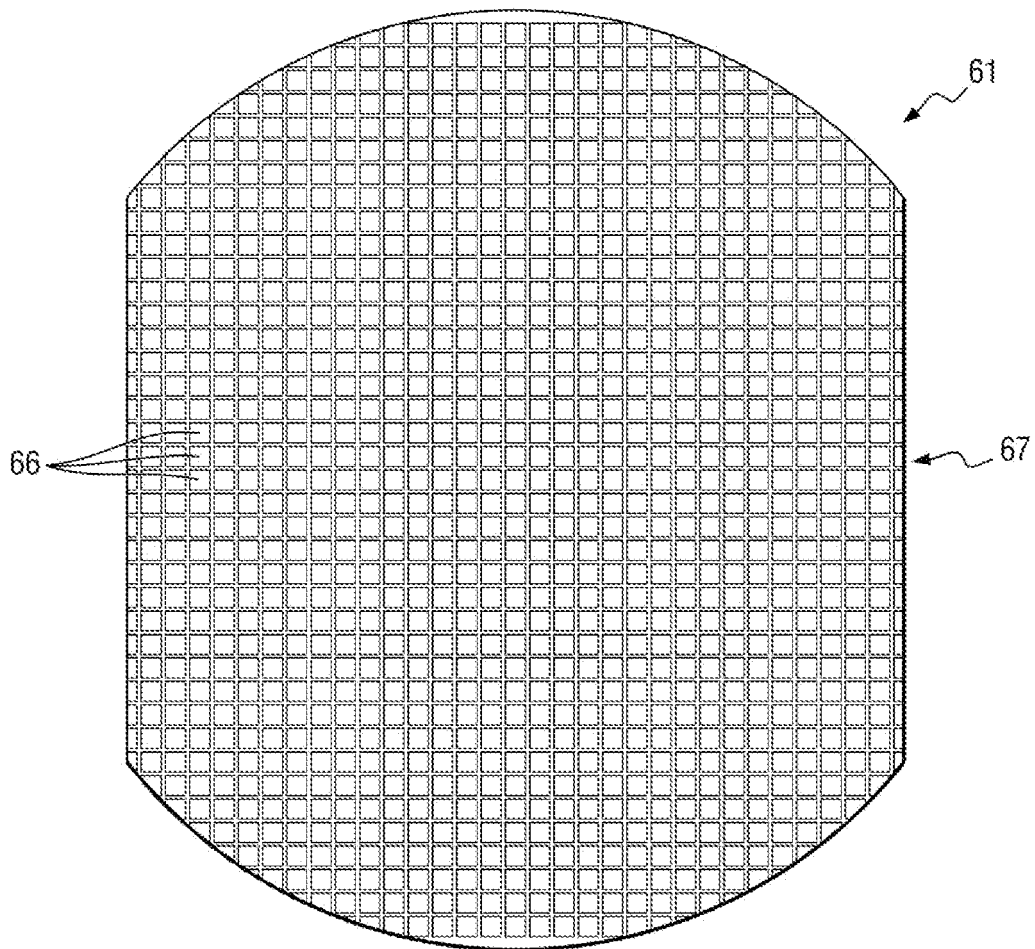
[Fig. 4]



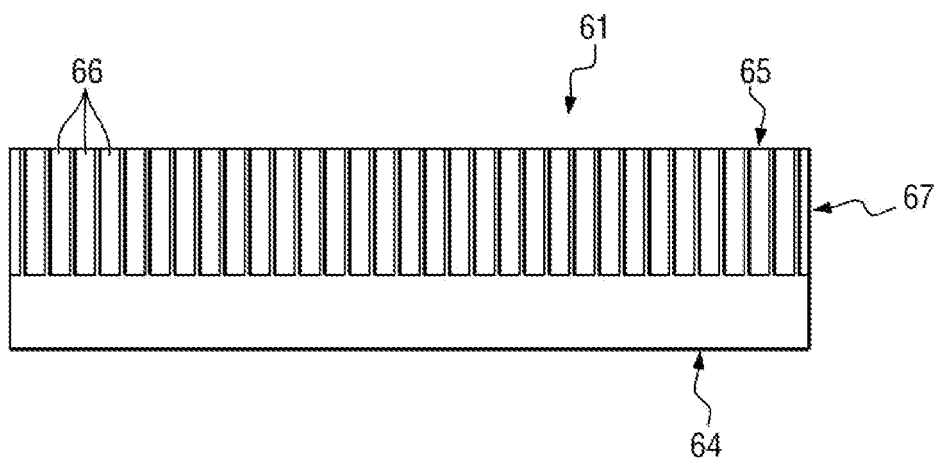
[Fig. 5]



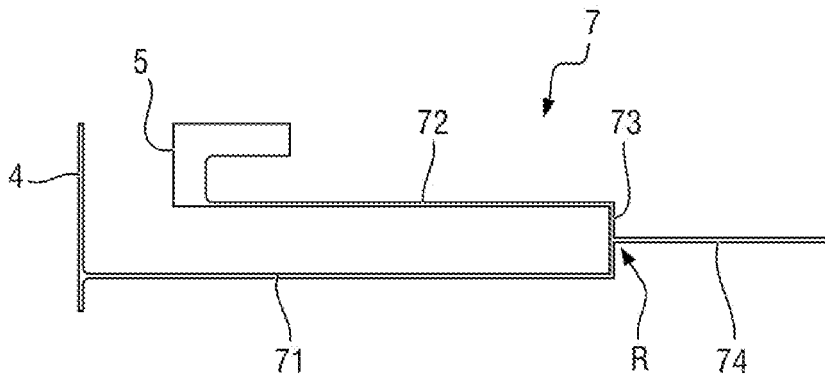
[Fig. 6]



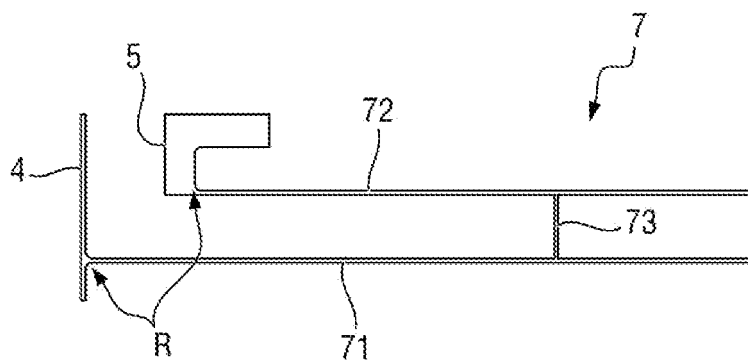
[Fig. 7]



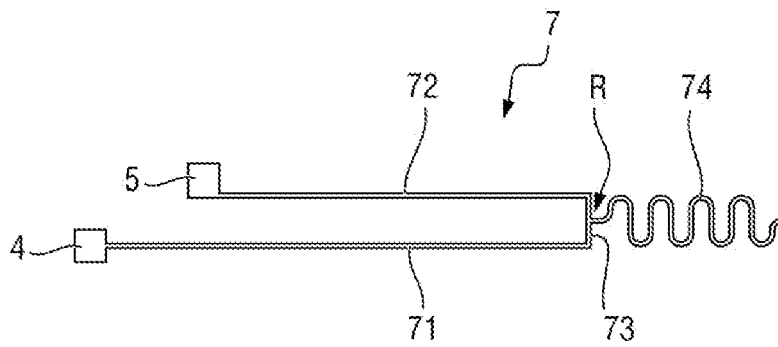
[Fig. 8A]



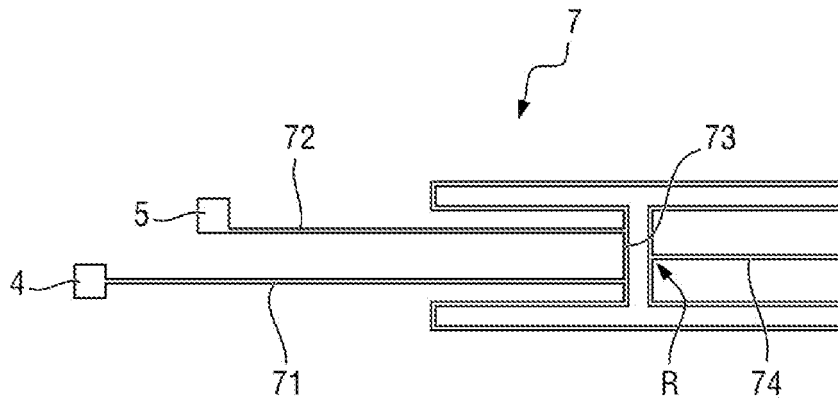
[Fig. 8B]



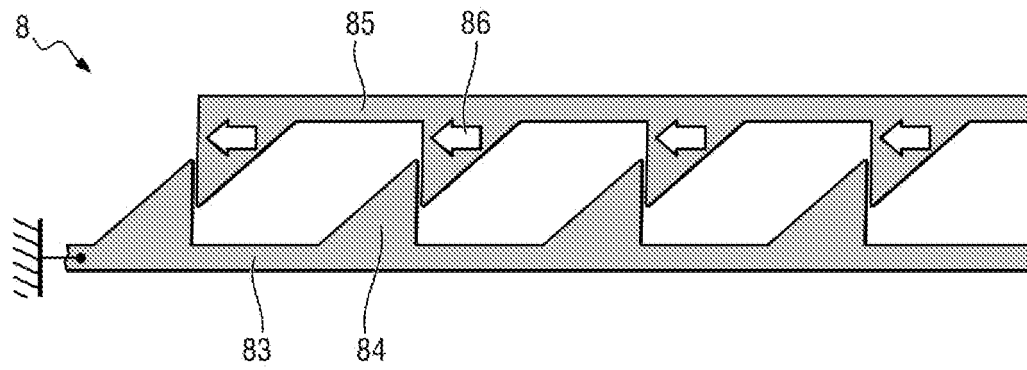
[Fig. 8C]



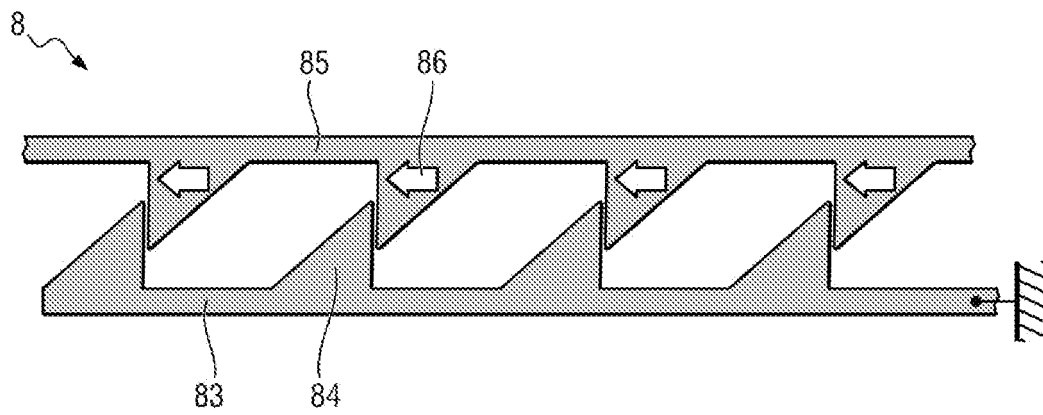
[Fig. 8D]



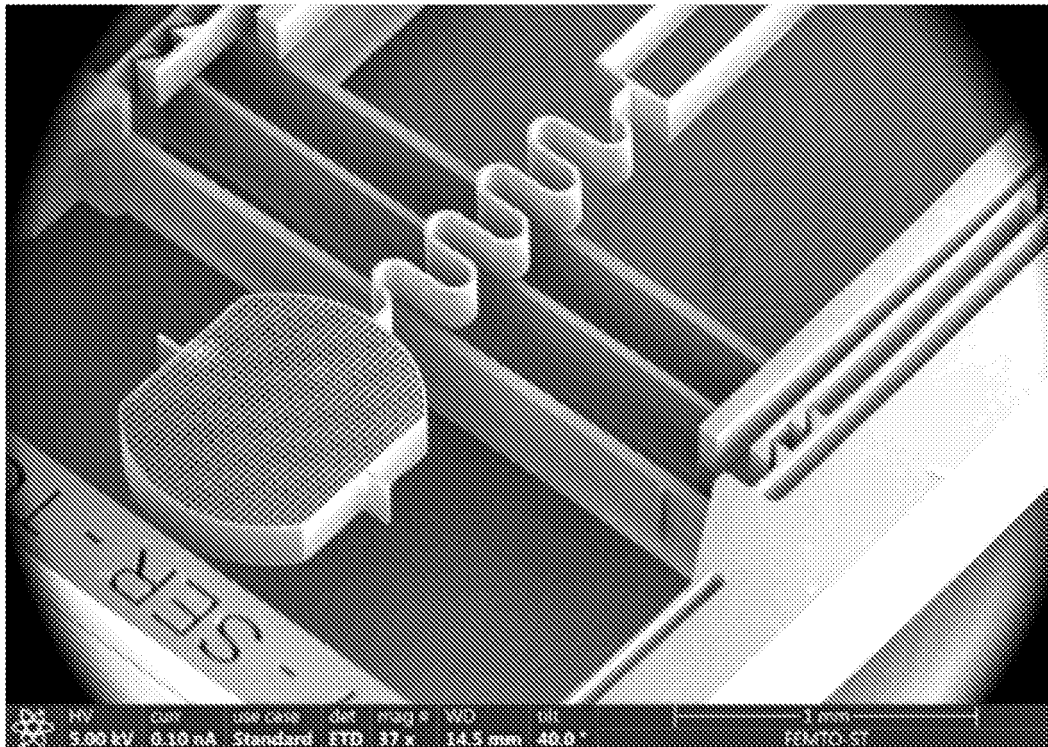
[Fig. 9A]



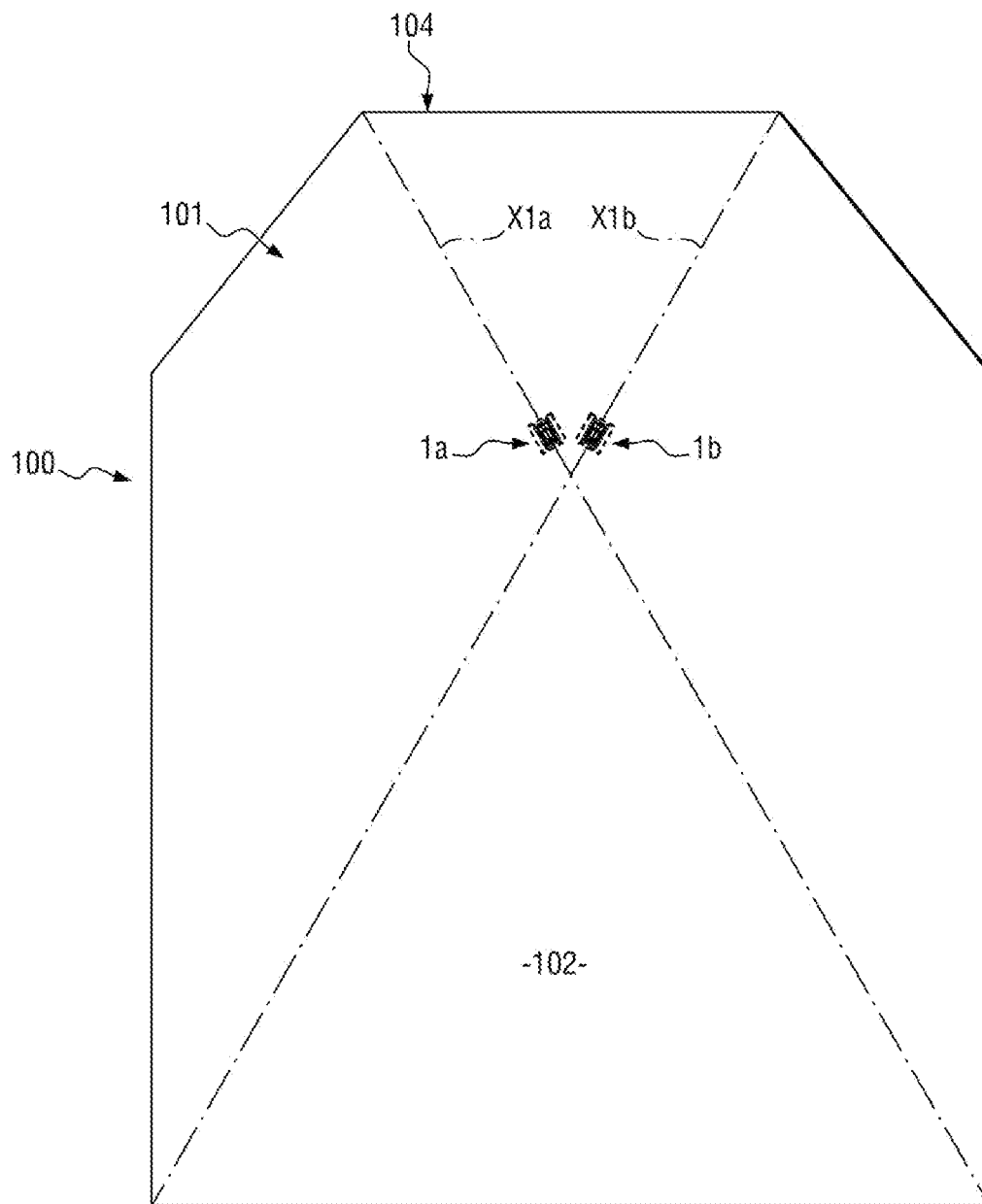
[Fig. 9B]



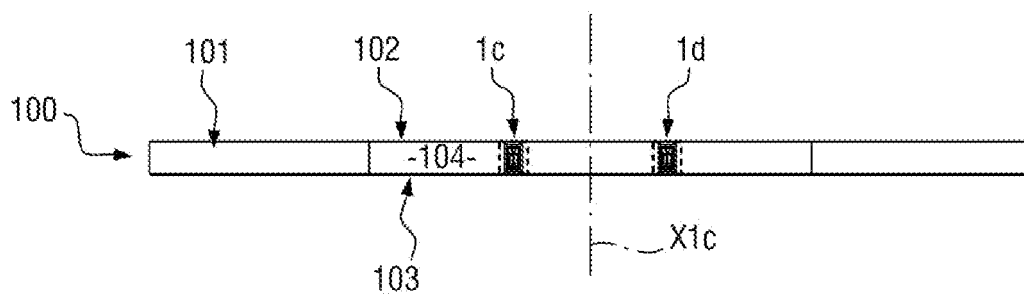
[Fig. 10]



[Fig. 11A]



[Fig. 11B]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 2012/227661 A1 (BRANCH CLINTON A [US]
ET AL) 13 septembre 2012 (2012-09-13)

US 6 321 654 B1 (ROBINSON CHARLES H [US])
27 novembre 2001 (2001-11-27)

US 7 559 238 B1 (SMITH GABRIEL L [US] ET
AL) 14 juillet 2009 (2009-07-14)

US 7 194 889 B1 (JEAN DANIEL [US] ET AL)
27 mars 2007 (2007-03-27)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT