

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 61703 A1**
- (51) Cl. internationale : **E01F 7/04; E01F 7/045; E01F 7/04**
- (43) Date de publication : **31.01.2024**
- 
- (21) N° Dépôt : **61703**
- (22) Date de Dépôt : **14.02.2022**
- (30) Données de Priorité : **12.02.2021 IT 102021000003179**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2022/051287 14.02.2022**
- (71) Demandeur(s) : **OFFICINE MACCAFERRI S.P.A, Via Kennedy, 10, 40069 Zola Predosa (BO) (IT)**
- (72) Inventeur(s) : **BIANCHINI, Paolo**
- (74) Mandataire : **TOUNINA CONSULTING**
- 
- (54) Titre : **STRUCTURE DE PROTECTION ET FILET DE PROTECTION MÉTALLIQUE POUR UNE TELLE STRUCTURE DE PROTECTION**
- (57) Abrégé : Une structure de protection pour des travaux publics comprend au moins un filet de protection métallique, comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui se présentent sous la forme d'un fil, d'une corde ou d'un câble, au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés étant fabriqués à partir d'un matériau ayant un comportement super-élastique.

## Abrégé

Structure de protection destinée à des ouvrages civils comprenant au moins un filet de protection métallique, comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins, de cordes ou de câbles, dans laquelle au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

## Structure de protection et filet de protection métallique pour ladite structure de protection

### Domaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des structures destinées à la protection contre des évènements d'instabilité géologique, comme des chutes de pierres, des avalanches ou des coulées de débris.

L'invention a été développée avec une considération particulière pour les structures de protection qui comprennent au moins un filet de protection métallique.

### Contexte technologique

Dans les zones montagneuses, il est connu de prévoir des structures destinées à la protection contre des évènements d'instabilité géologique ou d'instabilité hydrogéologique, qui provoquent un déplacement imprévu de matières, comme des roches, des pierres, des débris ou de la neige d'une zone située en amont vers une zone située en aval à la suite de causes naturelles et imprévisibles, comme des glissements de terrain, des avalanches ou des coulées de débris. Ces structures de protection comprennent généralement au moins un filet métallique qui empêche ou retarde le déplacement des matières dans une direction aval.

La protection contre les chutes de pierres ou les coulées de débris est un élément essentiel pour la sécurité et la résilience des infrastructures, bâtiments, biens et personnes. Même le glissement de terrain ou la coulée de débris le/la plus limité(e) peut produire de graves dommages et des interruptions d'utilisation et, par conséquent, des pertes économiques de grande ampleur. Cela est également valable pour les effets dommageables et désavantageux des avalanches qui peuvent avoir lieu dans les zones montagneuses enneigées.

Ces dernières années, les organismes publics ont accordé une attention grandissante à l'évènement de « chutes de pierres », qui se caractérise par le détachement puis la chute de blocs de pierre de volumes compris entre  $0,02 \text{ m}^3$  et  $5 \text{ m}^3$  à des vitesses qui peuvent atteindre voire parfois dépasser les  $30 \text{ m/s}$ , qui

provoquent de graves dommages sur les structures qui se trouvent en-dessous. Cet évènement constitue en outre un problème de sécurité publique pour toutes les structures, constructions et voies de liaison qui se trouvent dans les zones d'intérêt des zones qui subissent ces évènements.

Par le passé, parmi les interventions impliquant une protection passive contre les chutes de pierres, on distinguait principalement des barrières rigides composées de panneaux métalliques, comme des structures pas très flexibles qui, en interceptant et retenant les pierres, « confiaient » la fonction de dissipation de l'énergie de choc aux matériaux constituant les structures avec des éléments rigides en acier.

Récemment, l'utilisation de barrières plus flexibles composées d'un filet métallique et, le cas échéant, reliées à des câbles, s'est de plus en plus répandue. Ces systèmes, qui peuvent être installés sur des pentes potentiellement instables, servent à intercepter et bloquer les chutes de blocs de pierre à l'aide d'un filet métallique qui permet aux forces de choc d'être transférées aux structures de fondation à l'aide d'un système complexe de câbles et autres éléments de liaison. Toutefois, ces structures sont soumises à un entretien fréquent et un possible remplacement des composants qui se sont déformés suite aux chutes de pierres, qui génèrent une accumulation potentielle de déformations plastiques irréversibles dans certaines parties des structures. De plus, il est important de noter que, dans l'état actuel des choses, les tests de ces structures sont réalisés sous la forme de tests d'impact à la magnitude réelle qui sont nécessaires pour évaluer la réelle efficacité de chaque type de barrière. Ces tests sont très difficiles, en termes de temps et de coût.

Dans certaines situations qui impliquent un danger dû aux chutes de pierres, il est avantageux d'installer un revêtement qui retient les pierres ou un filet de stabilisation des surfaces. Ces structures de protection comprennent des filets qui sont fixés sur les surfaces des pentes rocheuses de sorte que les pierres qui se détachent de la paroi puissent tomber le plus près possible du pied de la pente, tout en restant toujours contenues entre la roche et le filet de recouvrement. Des exemples de ces

structures de protection sont décrits dans le brevet WO 2005/038143 et le brevet WO 2011/030316 du même demandeur.

Dans d'autres situations de danger dû à des chutes de pierres, il n'est pas avantageux d'installer un revêtement qui retient les pierres ou un filet de stabilisation des surfaces à la suite de problèmes techniques, de problèmes topographiques, de problèmes économiques ou de problèmes d'accès. Dans ces cas, une solution efficace implique l'installation de barrières qui retiennent les pierres le long de la pente rocheuse ou au pied de la pente, selon l'espace disponible. Ces barrières sont positionnées afin d'intercepter et de bloquer les chutes de pierres et de roches, en dissipant l'énergie qui est transmise pendant le choc à l'aide de déformations plastiques de certains composants de la structure.

Les barrières qui retiennent les pierres sont sensiblement caractérisées par une structure d'interception (le filet), une structure de support (montants et câbles de renfort) et un système de freinage qui est composé d'éléments sacrificiels, les freins ou dissipateurs qui sont destinés à s'étendre, afin de dissiper fortement l'énergie introduite. Les systèmes de dissipation d'énergie actuellement utilisés reposent généralement sur la plastification de métaux (aluminium, acier) ou sur le frottement entre des surfaces de contact. Toutefois, il est évident que, après le choc avec une roche qui présente une énergie comparable avec l'énergie projetée, une déformation permanente de la structure qui limite les niveaux de performances de celle-ci est notée, car la structure ne peut pas résister à des déformations supplémentaires en cas de chocs ultérieurs jusqu'à ce que le remplacement des éléments déformés soit prévu, et reprend sa configuration géométrique initiale d'avant le choc.

Les niveaux de performances des barrières qui retiennent les pierres sont généralement exprimés en termes d'énergie d'interception de la barrière et de hauteur d'interception, qui est destinée à être comprise comme la distance minimum entre le câble inférieur et le câble supérieur de la barrière.

La norme ETAG 0271 définit deux niveaux de performances différents pour la certification des barrières qui retiennent les pierres. Le premier niveau, appelé MEL (Maximum Energy Level, Niveau d'énergie maximum), indique une barrière capable d'intercepter et de bloquer une masse qui heurte la barrière avec le niveau d'énergie maximum (100 %), ayant une hauteur résiduelle > 50 % par rapport à la hauteur initiale. Le deuxième niveau de performances, appelé SEL (Service Energy Level, Niveau d'énergie de service), indique une barrière capable d'intercepter et de bloquer deux masses successives (sans aucun entretien) qui heurtent la barrière avec un niveau d'énergie égal à 30 % du MEL. La hauteur résiduelle doit dans ce cas être > 70 % par rapport à la hauteur initiale.

À la lueur d'une diminution significative de la hauteur résiduelle de la barrière, en aval d'un évènement qui présente une magnitude donnée, il est nécessaire d'effectuer des opérations d'entretien extraordinaire qui sont destinées à remplacer les freins et les éventuels autres composants endommagés, en rétablissant les configurations géométriques initiales de la barrière. Tout cela implique des coûts de gestion élevés, en tenant également compte du fait que les barrières qui retiennent les pierres sont généralement installées sur des pentes rocheuses, à des endroits qui sont souvent éloignés et accessibles uniquement avec difficulté.

Un exemple de barrière qui retient les pierres est décrit dans le brevet EP 0940503 du même demandeur. Il existe également des barrières, destinées à la protection contre les chutes de débris dans les matrices de boue et d'eau ou les matrices rocheuses à la suite d'inondations, qui peuvent être installées sur des pentes, qui peuvent être des pentes ouvertes ou des vallées et des gorges, et qui permettent d'utiliser des montants ou non selon la morphologie. Un exemple de ces barrières est décrit dans le brevet WO 2014/41096 du même demandeur.

Dans ces types connus de structures de protection, l'un des principaux inconvénients est la nécessité de remplacer entièrement ou partiellement la structure de protection après que la structure a été impliquée dans un choc d'une force significative. Le remplacement peut impliquer totalement ou partiellement le filet métallique ou les

éléments d'ancrage de celui-ci oui, dans le cas des barrières, les câbles de renfort ou les câbles de support du filet ou les éléments de dissipation. Ces opérations d'entretien sont coûteuses et souvent difficiles en raison de la position des structures de protection qui sont très souvent installées sur de fortes pentes, des pentes inaccessibles ou des zones isolées difficiles d'accès.

Par conséquent, sur le terrain, il est nécessaire d'avoir des solutions améliorées par rapport aux niveaux de performances des structures de protection qui réduisent la nécessité de la fréquence de remplacement, de réparation ou d'entretien et qui permettent l'utilisation efficace et prolongée de celles-ci même après une ou plusieurs opération(s) de protection contre un impact.

#### Description de l'invention

Un objet de l'invention est de prévoir une structure de protection et/ou un filet de protection métallique à utiliser dans une structure de protection, comme une barrière qui retient les pierres ou une barrière de contrôle destinée aux coulées de débris, qui surmonte(nt) les inconvénients de l'art antérieur. Un autre objet de l'invention est d'améliorer les niveaux de performances des structures de protection, comme les barrières qui retiennent les pierres. Un autre objet est de prévoir une structure de protection et/ou un filet de protection métallique qui conserve (nt) ses/leurs caractéristiques individuelles de résistance même après des impacts significatifs et répétés provoqués par des matériaux tels que des roches, des débris, de la neige et similaires. Un autre objet de l'invention est d'améliorer les niveaux de performances des structures de protection, comme les barrières qui retiennent les pierres. Un autre objet est de prévoir une structure de protection et/ou un filet de protection métallique qui conserve(nt) ses/leurs caractéristiques individuelles de résistance même après des impacts significatifs et répétés provoqués par des matériaux tels que des roches, des débris, de la neige et similaires. Un autre objet est de prévoir une structure de protection, un filet de protection et/ou un filet de protection métallique qui soient économiques et durables et qui permettent de réduire les coûts d'entretien.

Parmi les objets indiqués ci-dessus, un objectif particulier est de prévoir une structure de protection, comme une barrière qui retient les pierres, dans laquelle le recentrage de la structure est garanti, c'est-à-dire le retour de la structure de protection à son état préexistant, à la fin de la collision ou de l'impact et une fois que la charge a été éliminée, en-dehors des occurrences de plastification qui sont concentrées dans le filet et limitées à quelques zones circonscrites. Un autre objectif spécifique est d'empêcher le remplacement des dissipateurs ou des freins dans les barrières qui retiennent les pierres, qui sont prévus avec celles-ci, et le repositionnement de la structure après les impacts à forte teneur énergétique, qui peut être comparée avec la teneur projetée.

Ces objets et autres objets sont réalisés par une structure de protection et/ou par un filet de protection ayant les caractéristiques indiquées dans les revendications jointes.

L'invention repose sur le principe de conversion de l'énergie cinétique des roches en énergie de déformation d'un nombre de composants des structures de protection et plus particulièrement des filets de protection ou de parties de ceux-ci et/ou des éléments de support ou de parties de ceux-ci, sur la base de matériaux dits « intelligents », comme des alliages à mémoire de forme. Lesdits matériaux sont souvent désignés à l'aide de l'acronyme SMA (Shape memory alloys, Alliages à mémoire de forme) et se caractérisent par des allongements réversibles si les déformations se produisent dans les limites de déformation sur une plage de résilience typique de ces alliages métalliques (par exemple, sans s'y limiter, entre environ 8 et 10 %). Lors de l'utilisation de l'invention développée par le demandeur, lesdits matériaux sont utilisés dans les structures de protection de façon à être soumis à des déformations élastiques, en dissipant l'énergie et en limitant la force transmise aux éléments d'ancrage. Une fois la charge d'impact éliminée, les éléments composés d'un alliage de type SMA reprennent leur configuration géométrique initiale, éliminant ainsi au moins partiellement la déformation qui s'est produite. Par conséquent, cette approche innovante présente des avantages substantiels. Au départ, la récupération de la configuration initiale de la structure de

protection à la fin de l'impact est garantie une fois que la charge a été éliminée sans aucun remplacement des éléments de dissipation déformés. Ainsi, cela implique une diminution des coûts d'entretien pendant l'utilisation.

L'originalité de la présente invention est étayée par l'absence d'études et/ou de publications relatives à la possibilité d'utiliser les propriétés des matériaux SMA pour améliorer la technologie des structures de protection actuelles, comme les barrières qui retiennent les pierres et similaires. Par conséquent, l'invention est configurée comme une innovation radicale par rapport à l'art antérieur, car elle introduit des éléments hautement innovants capables de résoudre les problèmes classiques des solutions standard existantes, en plus de garantir les avantages techniques et économiques indiqués ci-dessus.

Lesdites structures de protection impliquées dans la présente invention peuvent comprendre, sans s'y limiter, des barrières qui retiennent les pierres, des barrières qui retiennent la neige, des barrières hybrides qui retiennent les pierres, des ouvrages de protection contre les avalanches, des filets de renfort cortical, des filets de protection contre les chutes de débris et d'autres structures de ce type. Des exemples de structures et/ou de filets de protection qui peuvent être modifiés de façon à être inclus à la présente invention ou à intégrer des éléments de la présente invention sont décrits dans les brevets WO 2005/038143, WO 2011/030316, WO 2018/146516, WO 2014/141096 et WO 2021/053592, qui sont incorporés ici par référence.

#### Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages seront appréciés à partir de la description détaillée suivante d'un mode de réalisation préféré en référence aux dessins joints qui sont fournis à titre d'exemple non limitatif et sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une structure de protection sous la forme d'une barrière qui retient les pierres intégrant des aspects de la présente invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective d'un autre mode de réalisation d'un câble de support destiné à une structure de protection similaire à la structure de la figure 1 ;

- la figure 3 illustre un détail du câble de support de la figure 2 dans une configuration qui n'est pas soumise à un chargement, dans laquelle un élément en matériau super-élastique se trouve dans un état non chargé et non déformé ; et
- la figure 4 illustre le même détail de la figure 3 dans une configuration soumise à une charge, dans laquelle l'élément en matériau super-élastique se trouve dans un état chargé avec une déformation maximale.

### Description détaillée

En référence maintenant à la figure 1, une barrière de protection 10 contre les chutes de pierres, également appelée « barrière qui retient les pierres », comprend des panneaux de filet 12 qui sont supportés par des montants 14 qui sont fixés sur le sol. Une série de câbles 16a supporte le filet 12 au sommet de manière continue, de préférence en passant par l'extrémité supérieure des montants 14. Un ou plusieurs câble(s) 16b est/sont relié(s) de manière longitudinalement continue à l'extrémité inférieure des filets 12, de préférence en passant par la base des montants 14. Les câbles 16a et 16b sont fixés sur des éléments d'ancrage 18 qui sont fixés sur le sol. Les montants 14 sont également de préférence reliés à l'aide de câbles 19 à d'autres éléments d'ancrage 18 en amont de la barrière. Dans le mode de réalisation illustré, la barrière de protection 10 ne possède pas de freins ou de dissipateurs le long des câbles 16a, 16b et 19. Les panneaux de filet 12 sont de préférence conçus avec un filet de protection du type muni d'anneaux ou de panneaux composés de câbles, et avec l'ajout possible d'un filet métallique à torsion double ou simple.

Un ou plusieurs composant(s) de la barrière de protection 10, comme tout ou partie des câbles 16a, 16b ou 19, est/sont fabriqué(s) avec des matériaux qui présentent un comportement super-élastique, dont la principale caractéristique implique la capacité intrinsèque à être soumis à de fortes déformations élastiques, de 8 à 10 %, et à retrouver la configuration initiale sans aucune déformation résiduelle substantielle via la suppression de l'état de chargement, c'est-à-dire en retirant les roches qui ont heurté l'ouvrage. Plus spécifiquement, il est possible d'utiliser un ou plusieurs alliage(s) métallique(s) à comportement super-élastique, comme, sans s'y limiter, des alliages métalliques de cuivre/zinc/aluminium Cu-Zn-Al, de cuivre/aluminium/nickel Cu-Al-Ni, de fer/manganèse/silicium Fe-Me-Si, de

titane/nickel Ti-Ni, comme l'alliage à 55,9 % de Ni et 44,1 % de Ti, désigné commercialement « Nitinol », qui présente un bon comportement super-élastique, c'est-à-dire la capacité d'absorber une énergie de déformation élastique plus importante, et une forte hystérèse qui permet une plus grande capacité de dissipation. Ces alliages sont en outre choisis pour leur excellente résistance à la fatigue et à la corrosion, qui les rend particulièrement adaptés et efficaces pour les applications qui impliquent un contact direct avec l'environnement externe et pour les structures de protection de la présente invention.

Les matériaux à comportement super-élastique susmentionnés sont formés de filins ou de câbles qui sont tissés, entrelacés ou dans tous les cas reliés aux filets de protection des structures de protection. Par exemple, il est possible de fabriquer les câbles 16a, 16b, 19 entièrement ou partiellement avec des câbles ou des filins ou des éléments de freinage en matériau SMA, comme du Nitinol ou similaire ; ainsi, après l'élimination de la charge d'impact, l'allongement élastique provoqué par l'impact du bloc est résorbé et les câbles reprennent leur configuration initiale d'avant le choc, qui est illustrée sur la figure 1.

Par conséquent, la barrière reprend sa configuration géométrique initiale, plus particulièrement sa hauteur d'interception, sans qu'aucun composant ne soit remplacé. Tout cela constitue une diminution substantielle des coûts d'entretien, et garantit le maintien du niveau de sécurité que la barrière est capable d'offrir.

Ce rétablissement des conditions initiales peut être limité à l'énergie qui correspond au niveau de performances qui est appelé SEL (Service Energy Level, Niveau d'énergie de service) ou peut atteindre le niveau appelé MEL (Maximum Energy Level, Niveau d'énergie maximum) : ces deux limites peuvent être atteintes à l'aide des dimensions des câbles 16a et/ou 16b et/ou 19 qui sont composés d'alliage SMA, ou en combinant des éléments de dissipation classiques avec les câbles 16a et/ou 16b et/ou 19 composés d'alliages SMA.

En outre ou en variante par rapport aux câbles composés de SMA, il est possible d'entrelacer dans les panneaux de filet 12 un ou plusieurs anneau(x) composé(s) de filins en alliages de type SMA. Les structures de protection peuvent également être renforcées avec des barres ou d'autres éléments allongés, qui sont superposé(e)s sur ou entrelacé(e)s avec les filets de protection, en SMA. Par exemple, il est possible de fabriquer un filet de protection avec des panneaux de filet qui sont composés d'un filet à torsion double, avec un ou plusieurs élément(s) de renfort flexible(s) qui est/sont entrelacé(s) avec le filet, inséré(s) dans le maillage de celui-ci et/ou intégré(s) à un ou plusieurs des nœuds à torsion double de celui-ci composé(s) de SMA.

La figure 2 illustre un mode de réalisation particulier d'un câble de support 20 qui convient pour supporter une structure de protection 10 similaire à celle illustrée sur la figure 1 ou plus généralement une structure de protection comprenant un filet supporté par des montants, comme une structure de protection hybride, dans laquelle un filet est supporté par des montants au sommet de celle-ci et est libre dans la partie inférieure.

Dans l'exemple de la figure 2, le câble 20 est formé par deux parties de câble 20a, 20b qui sont reliées l'une à l'autre dans la zone d'un dissipateur ou d'un frein 21 d'un type généralement secteur dans le secteur des structures de protection. Comme cela va être plus clair ci-dessous, la présence du dissipateur ou du frein 21 n'est pas nécessaire pour les besoins de la présente invention dans la mesure où le câble 20 peut également ne pas être équipé de celui-ci, et peut donc être fabriqué d'un seul tenant. En outre, il n'est pas nécessaire que le câble 20 soit composé uniquement d'un ou de deux élément(s) ou de deux éléments, mais celui-ci peut également être fabriqué en joignant plusieurs éléments, segments ou parties de câble en série et/ou en parallèle. De préférence, le câble 20 est un câble métallique composé d'acier.

Le câble 20 est fixé sur le sol à l'aide d'un élément d'ancrage 18. À l'autre extrémité, la structure de câble 20 est fixée sur l'extrémité supérieure 21 d'un montant 14. Le type de fixation du câble 20 aux deux extrémités de celui-ci, sur le sol et sur le

montant 14, respectivement, peut être différent de celui illustré, selon différentes techniques connues dans le secteur.

Le dissipateur ou le frein 21, s'il est prévu sur le câble 20, convient pour absorber l'énergie d'impact, par exemple, d'un glissement de terrain, qui implique la structure de protection. Le dissipateur ou le frein 21 illustré comprend deux tubes métalliques 22 qui se trouvent l'un près de l'autre et dans lesquels s'étendent les deux parties de câble respectives 20a, 20b, dont les extrémités se projettent au niveau des côtés opposés du dissipateur ou du frein 21. Deux têtes de compression 23 qui sont positionnées aux extrémités des tubes métalliques 22 sont également traversées par les parties de câble 20a, 20b, jusqu'aux extrémités dont les terminaisons 24 sont fixées.

La traction exercée sur les parties de câble 20a, 20b pousse la terminaison 24 contre les têtes de compression 24, qui appuient à leur tour sur les tubes 22, et provoquent la déformation plastique de ceux-ci si la traction est suffisamment importante. La forte énergie d'impact subie par la structure de protection est absorbée et dissipée pendant la déformation des tubes 22.

Le câble 20 est également équipé d'un élément d'amortissement 25 qui réagit de manière élastique aux contraintes de traction exercées sur le câble 20 jusqu'à une magnitude donnée suite à des impacts à plus faible énergie, en plus duquel le dissipateur ou le frein 21 peut devenir opérationnel. L'élément d'amortissement 25 comprend un segment élastique 26 qui est interposé entre deux points de fixation 28 sur le câble 20. Les points de fixation 28 peuvent être fabriqués à l'aide de deux gaines métalliques serties sur le câble 20 ou à l'aide de moyens de liaison de type similaire. Le segment élastique 26 peut être conçu avec une ou plusieurs partie(s) de câble, qui est/sont prévue(s) en série et/ou en parallèle l'une par rapport à l'autre, en matériau à comportement super-élastique, par exemple du type Nitinol indiqué ci-dessus.

Comme cela est également illustré sur la figure 3, dans une configuration non déformée de celui-ci, le segment élastique 26 présente une longueur L1 entre les deux points de fixation 28 sur le câble 20. La longueur L1 est établie sur la base du matériau du segment élastique 26 et des caractéristiques de la structure de protection. Par exemple, la longueur L1 du segment élastique 26 entre les points de fixation 28 peut être d'environ 1 m même s'il n'est pas exclu qu'elle puisse être inférieure ou supérieure à 1 m. Deux terminaisons 29 garantissent que la partie élastique 26 ne s'effiloche pas ou ne se détache pas des points de fixation 28 lorsqu'elle est soumise à une traction.

Le câble 20 possède, entre les deux points de fixation 28, une partie résistante 30 qui présente une longueur L2 supérieure à la longueur non déformée L1 du segment élastique 26. De préférence, la longueur L2 est inférieure à la longueur en plus de laquelle le segment élastique 26 serait soumis à une déformation plastique permanente. En règle générale, la longueur L2 est environ 8 % à 10 % supérieure à la longueur L1, ce qui signifie que, pour un segment élastique 26 qui présente une longueur L1 égale à 1 m, la partie résistante 30 présente une longueur L2 comprise entre environ 1,08 et 1,10 m.

Dans la configuration non déformée du segment élastique 26, lorsque le câble 20 n'est soumis à aucune traction, la partie résistante 30 située entre les points de fixation 28 reste lâche, comme cela est illustré sur les figures 2 et 3. La figure 4 illustre le cas limite, dans lequel le câble 20 est soumis à une traction telle que le segment élastique 26 est soumis à son allongement maximal prédéterminé, auquel sa déformation reste dans les limites super-élastiques. Lorsque cette limite est atteinte, la partie résistante 30 du câble devient tendue. Si la traction exercée sur le câble 20 augmente, la charge est supportée par la partie résistante 30, ce qui empêche ainsi le segment élastique 26 de subir une déformation plastique. Lorsque la charge exercée sur le câble 20 prend fin, le segment élastique 26 revient de manière flexible dans son état initial. Si la traction n'a pas été trop forte, le câble 20 revient à l'état préexistant, prêt pour une nouvelle intervention sans avoir besoin de remplacer un quelconque composant. Si la traction exercée sur le câble 20 a été très

forte, une fois que la condition limite illustrée sur la figure 4 est atteinte, le dissipateur ou le frein 21, le cas échéant, se déclenche, et la déformation des tubes métalliques 22 agit comme cela est connu afin d'absorber l'énergie de l'impact sur la structure de protection.

Bien que la figure 2 illustre l'un des câbles 19 qui supportent un montant 14, la formation de ce câble équipé de l'amortisseur 25 peut également être reproduite pour un ou plusieurs des autres câbles de support de la structure de protection, c'est-à-dire des câbles 16a qui supportent le filet 12 au niveau de la partie supérieure de manière continue, ou des câbles 16b qui sont reliés de manière longitudinalement continue à l'extrémité inférieure du filet 12. Bien entendu, le principe de l'invention restant le même, les formes des modes de réalisation et les détails de construction peuvent fortement différer de ceux décrits et illustrés sans s'écarter de l'étendue de la présente invention.

### REVENDEICATIONS

1. Structure de protection destinée à des ouvrages civils comprenant au moins un filet de protection métallique, comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins ou de câbles, dans laquelle au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.
2. Structure de protection selon la revendication 1, dans laquelle les éléments résistants allongés qui présentent un comportement super-élastique sont des filins du filet de protection métallique.
3. Structure de protection selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les éléments résistants allongés qui présentent un comportement super-élastique forment des anneaux qui sont entrelacés afin de former un panneau de filet avec des anneaux ou une partie d'un panneau de filet avec des anneaux.
4. Structure de protection selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les éléments résistants allongés qui présentent un comportement super-élastique sont des câbles qui sont prévus de manière entrelacée ou tissée par rapport au filet de protection métallique.
5. Structure de protection selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les éléments résistants allongés qui présentent un comportement super-élastique sont des parties de câbles destinés à ancrer la structure de protection sur le sol.
6. Structure de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le matériau qui présente un comportement super-élastique est choisi parmi le groupe comprenant des alliages métalliques de cuivre/zinc/aluminium (Cu-Zn-Al), cuivre/aluminium/nickel (Cu-Al-Ni), fer/manganèse/silicium (Fe-Mn-Si) et titane/nickel (Ti-Ni).

7. Structure de protection selon la revendication 6, dans laquelle le matériau qui présente un comportement super-élastique est un alliage avec 55,9 % de Ni et 44,1 % de Ti.

8. Structure de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins l'un de la pluralité d'éléments résistants allongés sous la forme de filin ou de câble comprend(nent) un segment élastique qui est composé d'un matériau qui présente un comportement super-élastique, une partie résistante de filin ou de câble qui est initialement prévue pour être lâche et sous la partie afin d'être déployée pendant que le segment élastique s'étend jusqu'à ce que son extension s'arrête dès qu'une limite prédéterminée, qui est inférieure à la limite de déformation plastique du segment élastique, est atteinte.

9. Structure de protection selon la revendication 8, dans laquelle la partie de filin ou de câble qui limite l'extension du segment élastique qui est composé du matériau qui présente un comportement super-élastique présente une longueur qui est environ 8 % à 10 % supérieure à la longueur de la partie super-élastique.

10. Filet métallique comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins ou de câbles et qui sont entrelacés les uns avec les autres, dans lequel au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

11. Filet métallique selon la revendication 10, dans lequel un ou plusieurs anneau(x) composé(s) dudit matériau qui présente un comportement super-élastique est/sont entrelacé(s).

12. Filet métallique selon la revendication 10 ou revendication 11, qui est renforcé avec des barres ou d'autres éléments de renfort allongés, comme des câbles, qui sont superposés sur ou entrelacés avec le filet, les barres ou les éléments allongés

étant totalement ou partiellement composé(e)s d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

13. Filet métallique selon la revendication 12, le filet étant à torsion double, avec un ou plusieurs élément(s) de renfort élastique(s) qui est/sont entrelacé(s) avec le filet, inséré(s) dans le maillage de celui-ci et/ou intégré(s) à un ou plusieurs des nœuds à torsion double de celui-ci, composé(s) dudit matériau qui présente un comportement super-élastique.

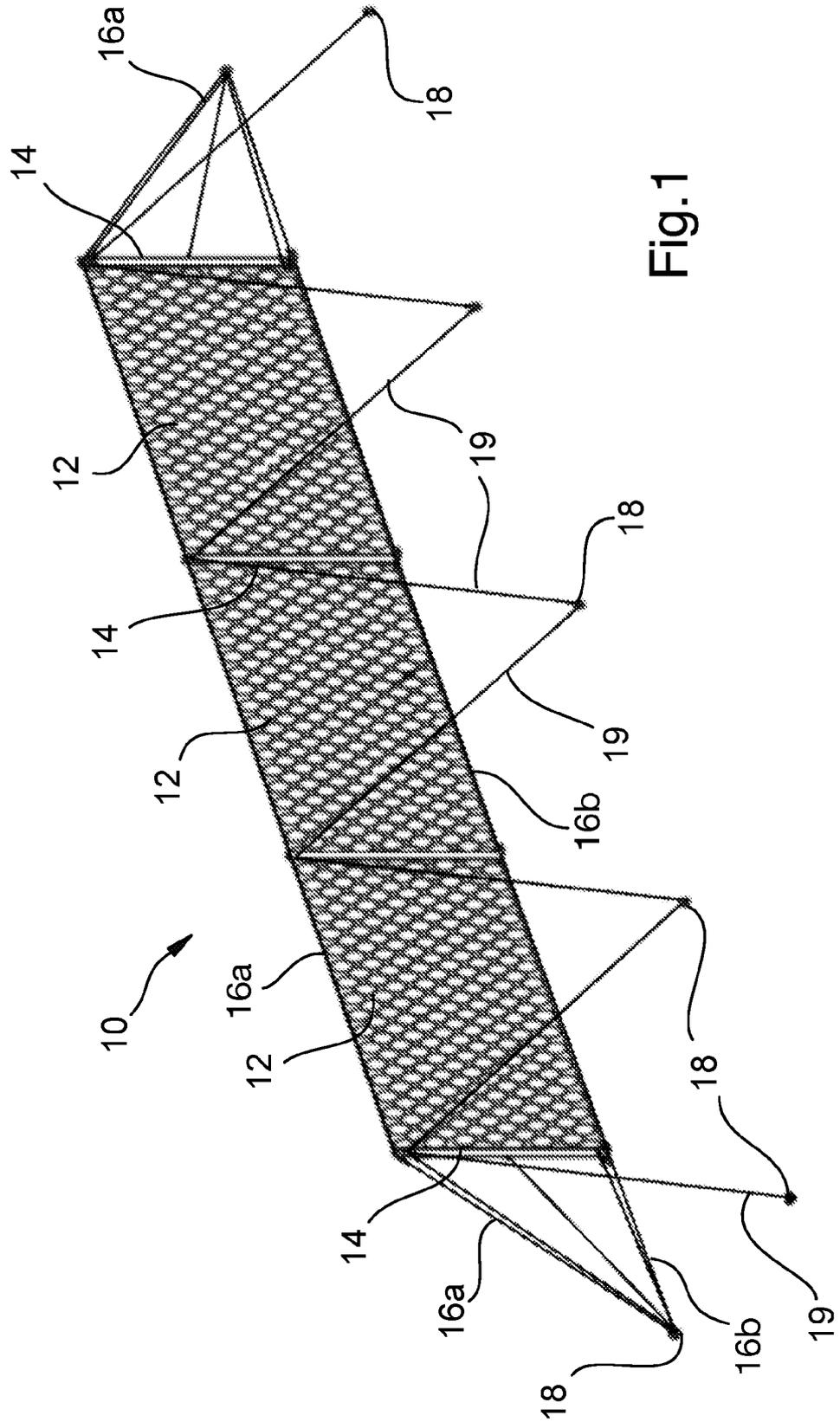


Fig.1

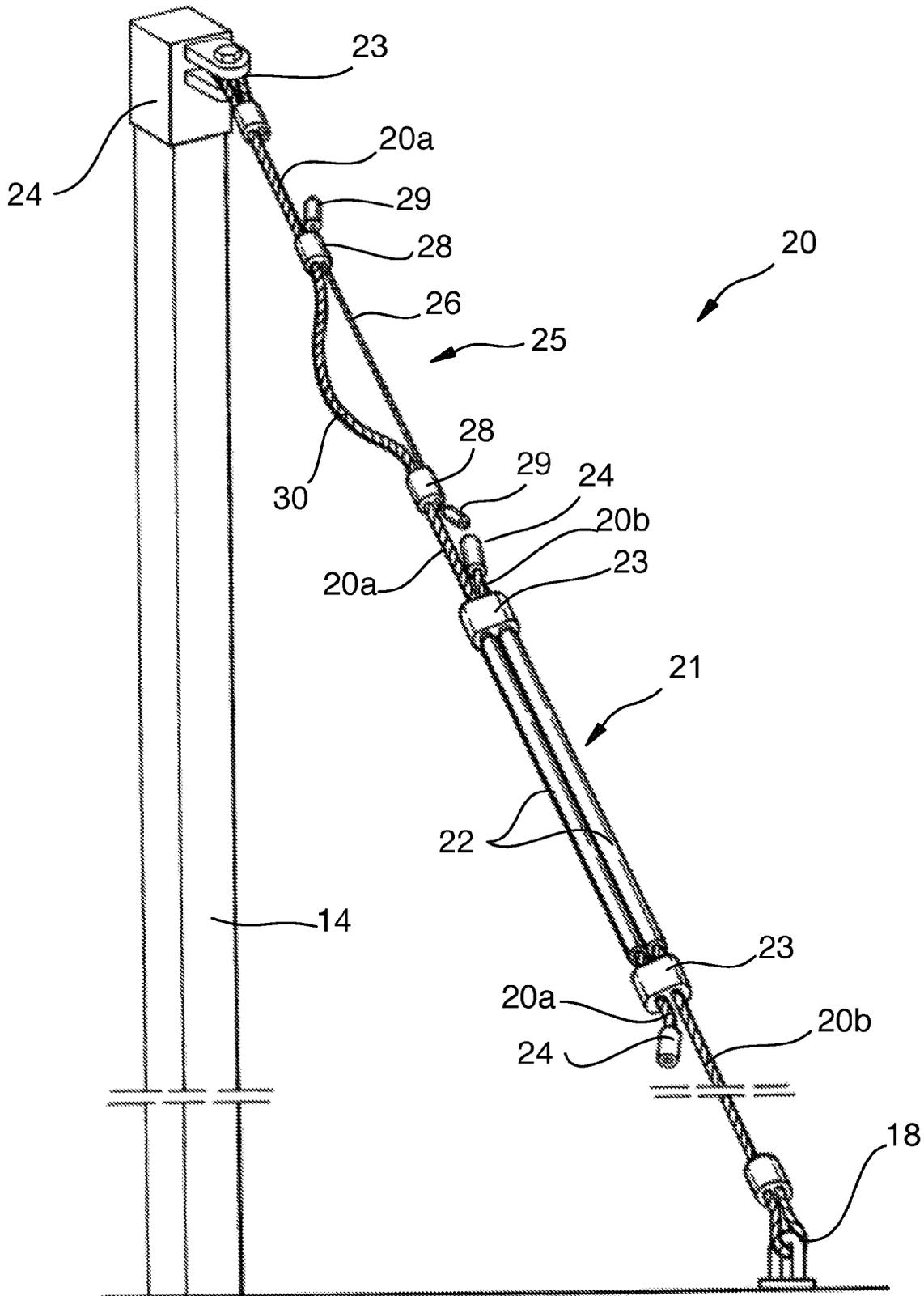


Fig. 2

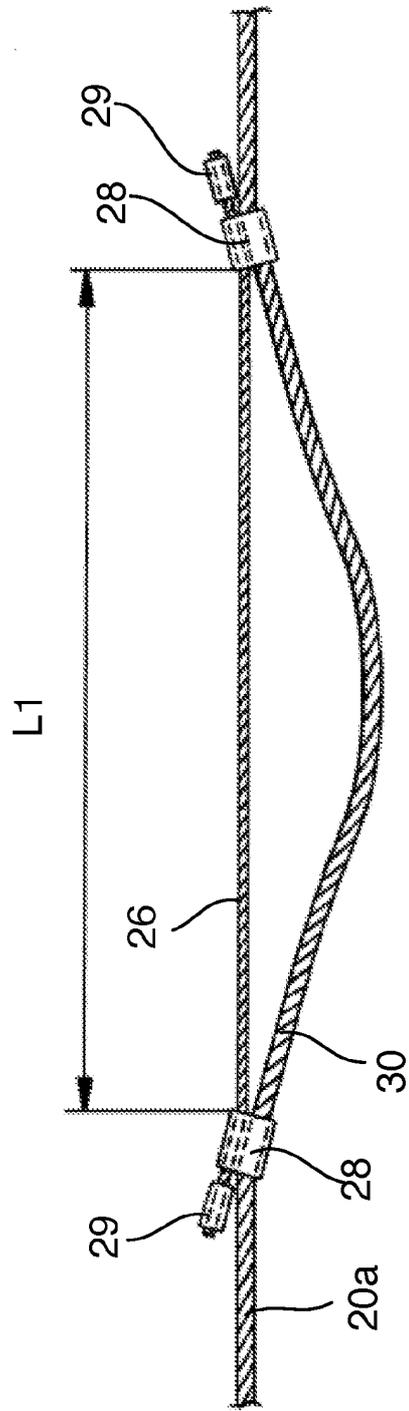


Fig. 3

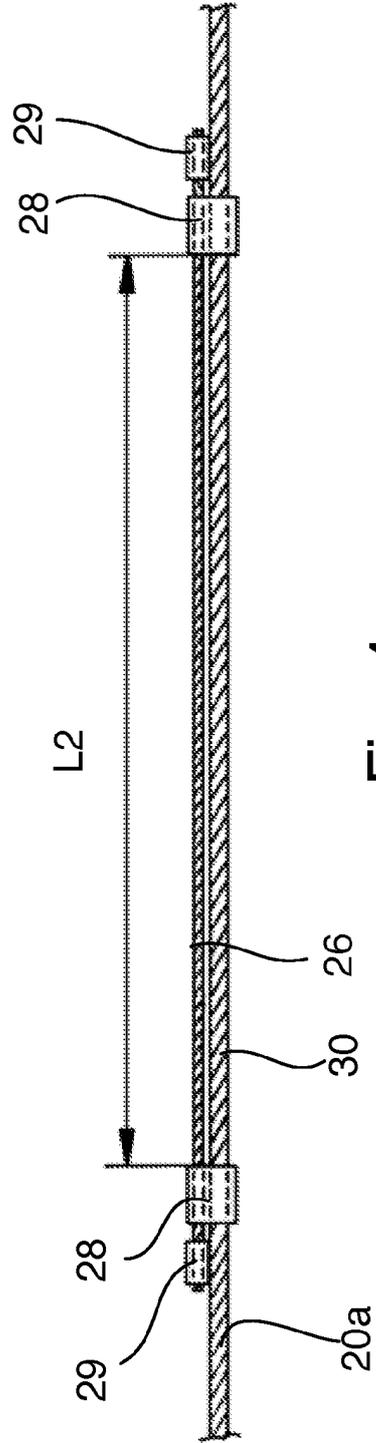


Fig. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 61703	Date de dépôt : 14/02/2022
Déposant : OFFICINE MACCAFERRI S.P.A	Date d'entrée en phase nationale : 14/02/2022
	Date de priorité : 12/02/2021
Intitulé de l'invention : STRUCTURE DE PROTECTION ET FILET DE PROTECTION MÉTALLIQUE POUR UNE TELLE STRUCTURE DE PROTECTION	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur : NGOTE Narjisse	Date d'établissement du rapport : 28/12/2023
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
13 Pages
- Revendications  
13
- Planches de dessin  
3 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

Classement de l'objet de la demande :

CIB : E 01F 7/04

CPC : E 01F 7/04 ; E 01F 7/045

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	CN210086126U ; UNIV NANJING FORESTERIE ; 18/02/2020 Abrégé, Description, Figure 1	1-13
X	KR20140016554A ; NAT UNIV GYEONGSANG IACF ; 10/02/2014 Abrégé, Description, Figures 1-4	10-13
A	FR2984375A1; ICAM SOCIETA CONSORTILE A R L; 21/06/2013 Abrégé, Description, Figures 1-4	1-13

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de forme*

Les revendications 1 et 10 ne satisfont pas aux exigences de rédaction stipulées dans les articles 9 et 10 du décret d'application de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Elles doivent être rédigées en deux parties, la première consistant en un préambule indiquant la désignation de l'objet de l'invention et les caractéristiques techniques qui sont nécessaires à la définition des éléments revendiqués mais qui, combinées entre elles, font partie de l'état de la technique, et la seconde (la partie caractérisante) précédée des expressions « caractérisée en » ou « caractérisé par », ou « l'amélioration comprend » ou d'une formule analogue, consistant en une indication des caractéristiques énoncées dans la première partie, sont celles pour lesquelles la protection est demandée.

**Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 3-9 ; 11-13 Revendications 1-2 ; 10	Oui Non
Activité inventive	Revendications aucun Revendications 1-13	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-13 Revendications aucun	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : **CN210086126U**  
D2 : **KR20140016554A**

**1. Nouveauté :**

**1.1** Le document D1 (les références entre parenthèses s'appliquant à ce document) divulgue une structure de protection destinée à des ouvrages civils comprenant au moins un filet de protection métallique (1), comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins ou de câbles, dans laquelle au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

Par conséquent, l'objet desdites revendications n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**1.2** La revendication dépendante 2 ne semble pas contenir des caractéristiques techniques supplémentaires, en matière de nouveauté. Par conséquent, l'objet de ladite revendication n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-

13.

**1.3** L'objet de la revendication indépendante 10 n'est également pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, les documents D1 et D2 divulguent un filet métallique comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins ou de câbles et sont entrelacés les uns avec les autres, dans lequel au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

**1.4** Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques des revendications dépendantes 3-9 et 11-13. D'où l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

## **2. Activité inventive**

**2.1** N'étant pas nouveau, l'objet des revendications 1, 2 et 10 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2.2** Le document D1 (les références entre parenthèses s'appliquant à ce document), qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 3, divulgue une structure de protection destinée à des ouvrages civils comprenant au moins un filet de protection métallique (1), comprenant une pluralité d'éléments résistants allongés qui sont sous la forme de filins ou de câbles, dans laquelle au moins certains de la pluralité d'éléments résistants allongés sont composés d'un matériau qui présente un comportement super-élastique.

Par conséquent, l'objet de la revendication 3 diffère de D1 en ce que les éléments résistants allongés forment des anneaux qui sont entrelacés afin de former un panneau de filet avec des anneaux ou une partie d'un panneau de filet avec des anneaux.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme celui d'améliorer le niveau de performance des structures de protection.

La solution proposée dans la revendication 3 de la présente demande ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, la caractéristique technique distinctive ne présente que l'une des options que l'homme du métier sélectionnerait, selon le cas, parmi plusieurs possibilités évidentes, afin de résoudre le problème posé, sans faire preuve d'esprit inventif.

**2.3** Les revendications dépendantes 4-9 ne contiennent pas de caractéristiques additionnelles qui, combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles elles se rapportent, répondent aux exigences de l'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2.4** Le même raisonnement appliqué à l'objet des revendications 3-9 s'applique, en tenant

compte des différences, à l'objet des revendications 11-13 qui n'est donc, également, pas considéré comme impliquant une activité inventive.

### **3. Application industrielle**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.