

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

①① N° de publication :

**3 131 443**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

**21 14625**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 L 31/046** (2022.01)

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Panneau solaire comportant notamment une pluralité de zones de composants électroniques connectées entre elles par une pluralité de câbles électriques.

②② Date de dépôt : 29.12.21.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 29.12.23 Bulletin 23/52.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Centre National d'Études Spatiales  
Etablissement public — FR.*

⑦② Inventeur(s) : PAYAN Denis.

⑦③ Titulaire(s) : Centre National d'Études Spatiales  
Etablissement public.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

**FR 3 131 443 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Panneau solaire comportant notamment une pluralité de zones de composants électroniques connectées entre elles par une pluralité de câbles électriques.**

#### **Domaine technique**

- [0001] La présente invention concerne un panneau solaire comportant notamment une pluralité de zones de composants électroniques connectées entre elles par une pluralité de câbles électriques.
- [0002] L'invention trouve notamment son application dans le domaine spatial. Ainsi, le panneau solaire selon l'invention est embarqué au bord d'un engin spatial tel qu'un satellite par exemple et constitue une source d'alimentation électrique pour un tel engin.

#### **Technique antérieure**

- [0003] De manière générale, le satellite comporte un ou plusieurs panneaux solaires, appelés également générateurs solaires, qui sont utilisés pour alimenter au moins une partie de dispositifs électriques du satellite.
- [0004] Un panneau solaire comporte généralement une embase qui définit une face avant destinée à être exposée au Soleil, appelée face soleil et une face arrière opposée à la face avant également appelée face nuit. La face avant est pourvue de cellules photovoltaïques qui sont exposées face au Soleil et sont aptes à générer de l'énergie électrique.
- [0005] La face arrière comporte des zones de composants, par exemple électroniques, permettant de récupérer l'énergie électrique générée par les cellules et d'acheminer cette énergie vers les dispositifs électriques du satellite.
- [0006] Les zones de composants électroniques du panneau solaire sont notamment connectées l'une à l'autre par une pluralité de câbles électriques.
- [0007] Les câbles sont généralement isolés électriquement l'un de l'autre par des gaines diélectriques. Ils sont par ailleurs regroupés en torons, ou collés en nappe sur la face du panneau avec de points de colles.
- [0008] Le routage de ces câbles sur la face arrière de l'embase se fait naturellement de manière symétrique et identique (on parle d'unicité de méthodologie de câblage).
- [0009] Selon cette méthodologie par exemple, les points de colles qui permettent de coller chacun des câbles sur la face arrière du panneau sont alignés voire parfois confondus entre câbles adjacents. Il en va de même pour les points de changement de direction des câbles par exemple qui sont également alignés entre câbles adjacents. Ainsi, les câbles sont montés de manière identiques sur le panneau solaire.

[0010] Pendant la phase opérationnelle de vol, il arrive parfois que des défauts apparaissent dans un ou plusieurs câbles.

[0011] Ces défauts ont notamment pour origine des contraintes de nature mécanique, thermique et/ou à un vieillissement des matériaux dû à l'environnement spatial (dose radiative, UV du soleil, cyclage thermique sur l'orbite) (éventuellement couplées ensembles) qui sont exercés sur les câbles.

[0012] Il a en outre été remarqué qu'en raison de l'unicité de la méthodologie de câblage de l'art antérieur, les contraintes subies par le panneau se reportait de manière identique sur des câbles voisins et augmentait de ce fait la probabilité de voir apparaître un défaut identique sur deux câbles adjacents, au même endroit sur ces câbles.

[0013] Ces défauts fragilisent notamment les gaines des câbles en faisant apparaître des parties dénudées (craquelures) qui découvrent l'âme en matériau métallique des câbles.

[0014] On conçoit alors que cela augmente considérablement le risque d'établissement d'un court-circuit, connu également sous le nom d'arc électrique, entre différents câbles électriques adjacents. Un tel arc électrique peut endommager sérieusement, voire détruire, le panneau solaire.

### **Exposé de l'invention**

[0015] La présente invention a pour but de proposer un panneau solaire dans lequel le risque d'établissement d'un arc électrique entre différents câbles est considérablement diminué.

[0016] À cet effet, l'invention a pour objet un panneau solaire comportant :

- une embase étant en contact avec un milieu ambiant et définissant une face avant et une face arrière;

- une pluralité de cellules photovoltaïques disposées sur la face avant de l'embase ;

- une pluralité de zones de composants électroniques disposées sur la face arrière de l'embase et connectées entre elles par une pluralité de câbles électriques, chaque câble comportant au moins une zone de contraintes dans laquelle des contraintes de nature mécanique, thermique ou électromagnétique sont exercées sur le câble, de sorte que deux câbles adjacents présentent au moins une paire de zones de contraintes ;

les câbles sont disposés sur la face arrière de l'embase de sorte que le plus court chemin passant par le milieu ambiant entre chaque paire de zones de contraintes soit égal à au moins environ 20 mm.

[0017] Une zone de contrainte peut être une portion de câbles sur lesquelles des contraintes peuvent être exercées.

[0018] Une zone de contrainte peut être un point fixe ou point fixe de câblage c'est-à-dire des points d'intervention d'un opérateur sur le câblage tel que des points de fixation des câbles ou des points de changement de direction des câbles par exemple.

- [0019] Une zone de contrainte peut également être une portion de connexion entre un câble et un composant électronique par exemple.
- [0020] On entend par « plus court chemin », la plus courte distance passant par le milieu ambiant entre chaque paire de zones de contraintes.
- [0021] Ainsi, grâce au panneau selon l'invention, la différenciation de la méthodologie de câblage provoqué par l'éloignement des zones de contraintes les unes des autres d'au moins 20 mm permet de créer une différence de contraintes appliqués aux câbles adjacents. Cette différence va permettre de diminuer considérablement voire supprimer le risque d'apparition de défaut aux mêmes endroits sur des câbles adjacents tels que des craquelures et à fortiori des arcs électriques.
- [0022] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le panneau comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :
- [0023] Au moins certains des câbles sont fixés à la face arrière de l'embase dans des points de fixation, chaque point de fixation formant une zone de contraintes.
- [0024] Les points de fixation sont disposés sur la face arrière de l'embase de sorte à guider les câbles correspondant l'un parallèle à l'autre au moins sur une portion de guidage rectiligne suivant un axe de guidage.
- [0025] Au moins certains des points de fixation forment un groupe de points de fixations, les points de fixation de ce groupe correspondant à des câbles différents et étant disposés dans la portion de guidage rectiligne selon un axe oblique formant un angle strictement inférieur à 90° avec l'axe de guidage.
- [0026] Au moins certains des points de fixation forment un groupe de points de fixations, les points de fixation de ce groupe correspondant à des câbles différents et étant disposés dans la portion de guidage rectiligne en zigzag par rapport à un axe de fixation formant un angle non-nul avec l'axe de guidage.
- [0027] Le panneau comporte en outre au moins une barrière en matériau diélectrique disposée entre deux câbles adjacents pour rallonger le plus court chemin, par contournement de la barrière, entre au moins certaines des zones de contraintes de ces câbles.
- [0028] Le panneau comporte en outre une pluralité de barrières en matériau diélectrique se présentant sous la forme d'un peigne, chaque barrière étant disposées entre deux câbles adjacents pour rallonger le plus court chemin, par contournement de la barrière, entre au moins certaines des zones de contraintes de ces câbles.
- [0029] La hauteur de la ou de chaque barrière est au moins d'environ 18 mm.
- [0030] Le panneau est embarqué dans un engin spatial.
- [0031] Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en

référence aux dessins annexés, sur lesquels :

### **Brève description des dessins**

- [0032] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique d'un panneau solaire selon l'invention face soleil.
- [0033] [Fig.2] La [Fig.2] représente une vue de dessous du panneau solaire face nuit de la [Fig.1].
- [0034] [Fig.3] La [Fig.3] représente une vue de dessous du panneau solaire de la [Fig.1] selon une variante de réalisation.

### **Description des modes de réalisation**

- [0035] Dans la suite de la description, lorsque le terme « environ » est utilisé en relation avec une valeur numérique, il doit être compris que la valeur numérique donnée est approximative avec une marge d'erreur qui est déterminée par l'homme du métier dans chaque cas considéré. À titre d'exemple, cette marge d'erreur est égale à +10% ou - 10% de la valeur donnée.
- [0036] Le panneau solaire 10 de la [Fig.1] est embarqué au bord d'un engin spatial tel qu'un satellite.
- [0037] Toutefois, il doit être compris que le panneau solaire selon l'invention peut être embarqué à tout engin mobile autre qu'un satellite ou de manière générale, peut être utilisé indépendamment de tout engin mobile, par exemple dans une configuration fixe sur la surface terrestre ou sur une autre planète (rover lunaire, martien, sonde interplanétaire etc.).
- [0038] En référence à la [Fig.1], le panneau solaire 10 comporte une embase 12 et une pluralité de cellules photovoltaïques 14.
- [0039] L'embase 12 est en contact avec le milieu ambiant du satellite qui est présenté alors par un environnement spatial dépourvu d'atmosphère.
- [0040] L'embase 12 est par exemple de forme sensiblement rectangulaire et définit une face avant 16 orientée face au Soleil et une face arrière 18 opposée à la face avant 16.
- [0041] Les cellules 14 sont disposées de manière homogène sur la face avant 16 de l'embase 12 par exemple en deux rangées, chaque rangée comportant quatre cellules 14.
- [0042] Les cellules 14 sont connues en soi et permettent notamment de générer de l'énergie électrique lorsqu'elles sont éclairées par le Soleil.
- [0043] La face arrière 18 est illustrée plus en détail sur la [Fig.2].
- [0044] Ainsi, en référence à cette figure, la face arrière 18 comporte une pluralité de zones de composants. Ces composants permettent de récupérer l'énergie électrique générée par les cellules et d'acheminer cette énergie vers les dispositifs électriques du satellite. Par exemple, la face arrière 18 comporte une pluralité de zones de composants électroniques 20A à 20N et une pluralité de câbles électriques 22 raccordant élec-

triquement ces zones de composants électroniques 20A à 20N.

- [0045] Les composants électroniques sont connus en soi et assurent notamment le fonctionnement du panneau solaire 10.
- [0046] Dans le présent exposé, chaque composant électronique des zones de composants 20A à 20N est une diode.
- [0047] Dans d'autres exemples, chaque composant électronique peut être choisi par exemple dans le groupe comportant notamment
- [0048] - transistors ;
  - [0049] - condensateurs ;
  - [0050] - circuit de commandes ;
  - [0051] - connecteurs etc.
- [0052] Peuvent également être considérés comme composant, un ensemble comprenant des trous dans lesquels passe le câblage pour être raccordé aux cellules solaires sur la face avant ou encore les cellules solaires elles-mêmes. En effet, les contraintes ne sont pas exclusives à la face arrière du panneau solaire mais peuvent aussi être appliquées à la face arrière, par exemple au niveau des câbles qui se raccordent aux cellules solaires et qui sont donc collés sur la face avant du panneau solaire. Aussi, le risque de danger est prédominant sur la face arrière mais n'est pas exclusif à cette face.
- [0053] Les câbles 22 raccordent ces différentes zones de composants électroniques 20A à 20N selon leur fonctionnalité et selon des méthodes connues en soi.
- [0054] De manière générale, on comprend par « câble », tout fil conducteur de courant ou de signaux électriques. Les courants électriques sont par exemple utilisés pour alimenter l'une ou l'autre des zones de composants électroniques 20A à 20N. Selon la présente invention, les câbles sont des câbles fils simples ou unitaires.
- [0055] Les câbles servent en outre à transporter le courant, dit courant lumière, généré par les cellules solaires exposées à la lumière solaire qui constituent la source d'énergie de l'engin spatial. Ce courant permet d'alimenter les différents équipements et/ou charger les batteries du satellite, on parle de puissance photovoltaïque.
- [0056] Chaque câble 22 comporte une gaine permettant de l'isoler électriquement des autres câbles 22.
- [0057] Les câbles 22 sont fixés sur la face arrière 18 par des points de fixation individuels par l'intermédiaire par exemple d'une colle adaptée ou une petite équerre de fixation ou tout dispositif permettant de maintenir le câble à proximité du panneau. Pour faciliter la lecture, seuls quelques points de fixation 30A à 30D et 32A à 32D sont représentés sur la [Fig.2].
- [0058] Les points de fixation 30A à 30D et 32A à 32D sont disposés de sorte à guider les câbles 22 correspondants le long de la face arrière 18 entre différentes zones de composants électroniques 20A à 20N.

- [0059] Ainsi, comme cela est visible sur la [Fig.2], lors de ce routage, au moins certains des câbles 22 sont guidés l'un parallèle à l'autre au moins sur une portion de guidage rectiligne suivant un axe de guidage.
- [0060] Sur la [Fig.2], deux portions de guidage rectiligne 33a et 33b suivant respectivement des axes de guidage X1 et X2 sont représentées.
- [0061] En outre, lors du routage, au moins certains des câbles 22 sont guidés de sorte que leur direction de routage change dans des points de changement de directions. Quatre points de changement de direction 34A, 34B et 36A, 36B sont représentées sur la [Fig.2].
- [0062] Les câbles 22 peuvent être soumis à des contraintes de nature mécanique ou thermique par exemple.
- [0063] Ainsi, chaque contrainte est choisie dans le groupe comportant notamment :
- [0064] - dilatation et cyclages thermiques ;
- [0065] - stress mécanique, par exemple une courbure exercée sur un toron de câbles;
- [0066] - exposition à des doses radiatives importantes,
- [0067] - exposition à la lumière (vieillesse dû aux UV) ;
- [0068] - décharges électrostatiques et/ou arc électriques etc.
- [0069] L'une ou plusieurs de ces contraintes combinées simultanément altère(nt) au fil du temps les propriétés des gaines et les fragilisent. Cela résulte généralement par un durcissement du diélectrique de la gaine dont il découle un manque de souplesse et des craquelures. Cela peut également être un délitement du matériau lui-même dû à l'irradiation de l'environnement qui altère les liaisons chimiques, et qui délabre ou décompose le matériau isolant.
- [0070] Seules quelques zones de contraintes 40A à 40D, 42A à 42D, 44A, 44B et 46A, 46B sont représentées sur la [Fig.2].
- [0071] Ces zones de contraintes correspondent par exemple aux points d'intervention d'un opérateur sur le routage des câblages tels que des points de fixation des câbles ou des points de changement de direction des câbles par exemple.
- [0072] Ainsi, dans l'exemple de la [Fig.2], certaines zones de contraintes 44A, 44B et 46A, 46B, correspondent aux points de changement de la direction de routage respectivement dans les points 34A, 34B et 36A, 36B.
- [0073] De la même manière, certaines zones de contraintes 40A à 40D et 42A à 42D correspondent respectivement aux points de fixation 30A à 30D et 32A à 32D.
- [0074] Selon l'invention, les câbles 22 sont disposés sur la face arrière 18 de l'embase 12 de sorte que le plus court chemin passant par le milieu ambiant entre chaque paire de zones de contraintes 40A à 40D, 42A à 42D, 44A, 44B et 46A, 46B correspondant respectivement aux points de fixation 30A à 30D et 32A à 32D et aux points de changement de la direction de routage 34A, 34B et 36A, 36B soit égal à au moins

environ 20 mm.

- [0075] Dans le présent exposé, deux câbles adjacents présentent au moins une paire de zones de contraintes.
- [0076] Ainsi, dans l'exemple de la [Fig.2], les points de fixation 30A à 30D sont disposés selon un axe oblique Y1 formant un angle strictement inférieur à 90° avec l'axe de guidage X1 de sorte que la distance le long de l'axe oblique Y1 entre chaque couple de points de fixation 30A et 30B, 30B et 30C, et 30C et 30D, soit égale à au moins environ 20 mm.
- [0077] Dans ce cas, le plus court chemin entre chaque couple de zones de contraintes 40A à 40D formés par ces points 30A à 30D, est égal à au moins environ 20 mm.
- [0078] Les points de fixation 32A à 32D sont disposés en zigzag par rapport à un axe de fixation Y2 formant un angle non-nul avec l'axe de guidage X2 de sorte que la distance entre chaque couple de points de fixation 32A et 32B, 32B et 32C, 32C et 32D, 32A et 32C, et 32B et 32D soit égale à au moins environ 20 mm.
- [0079] Dans l'exemple de la [Fig.2], l'axe de fixation Y2 est sensiblement perpendiculaire à l'axe de guidage X2.
- [0080] Ainsi, dans ce cas, le plus court chemin entre chaque couple de zones de contraintes 42A à 42D formés par ces points de fixation 32A à 32D, est égal à au moins environ 20 mm.
- [0081] Selon un mode de réalisation de l'invention, une barrière 50 en matériau diélectrique tel qu'un Kapton® est agencée entre les points de changement de direction 34A et 34B de sorte que la distance entre ces deux points par contournement de la barrière 50 soit égale à au moins environ 20 mm.
- [0082] Ainsi, le plus court chemin par contournement de la barrière 50 entre les zones de contraintes 44A et 44D formés par ces points de changement de direction 34A et 34B, est égal à au moins environ 20 mm.
- [0083] La hauteur de la barrière 50 est égale à au moins environ 18 mm.
- [0084] Selon la présente invention, les points de changement de direction 36A et 36B sont espacés l'un de l'autre de la distance égale à au moins environ 20 mm.
- [0085] Ainsi, le plus court chemin entre les points fixes 46A et 46D formés par ces points de changement de direction 36A à 36D, est égal à au moins environ 20 mm.
- [0086] Dans le cas où la distance d'au moins environ 20 mm ne peut être appliquée entre les points fixes 46A et 46D correspondant aux points de changement de direction 36A à 36D, une barrière 50 en matériau diélectrique tel que précédemment décrit est agencée entre ces points.
- [0087] Bien entendu, d'autres modes de réalisation sont également possibles.
- [0088] Par exemple, une zone de contrainte peut être une portion d'un câble sur laquelle des contraintes peuvent être exercées. Ainsi, comme l'illustre la [Fig.3], une première

portion 22' d'un câble est éloigné d'au moins 20 mm (C1) d'une première portion 22'' d'un câble adjacent. La paire de zones de contraintes est ainsi formée par les premières portions des deux câbles adjacents.

- [0089] Dans l'exemple illustré à la [Fig.3], une deuxième portion 23' d'un câble est éloigné d'au moins 20 mm (C2) d'une deuxième portion 23'' du câble adjacent. La paire de zones de contraintes est ainsi formée par les deuxièmes portions des deux câbles adjacents.
- [0090] Par exemple comme l'illustre la [Fig.3], une autre zone de contrainte peut être formée par une portion de connexion 54A entre un câble 22 et une zone de composants électroniques. Une paire de zones de contraintes est ainsi formée par deux portions de connexion 54A, 54B de deux câbles adjacents comprenant chacun une portion de connexion entre un câble et une zone de composants électroniques. Les câbles sont disposés sur la face arrière de l'embase de sorte que le plus court chemin passant par le milieu ambiant les deux portions de connexion 54A et 54B est égale à au moins 20mm.
- [0091] Les modes de réalisation décrits aux figures 2 et 3 sont combinables.
- [0092] Ainsi, par exemple, lorsque les câbles sont guidés sur une portion de guidage rectiligne, il est possible de rallonger le plus court chemin entre chaque zone de contraintes de ces câbles en mettant une barrière en matériau diélectrique entre chaque couple de ces câbles. Les barrières forment ainsi un peigne.
- [0093] Il est également possible de combiner différents modes de réalisation entre eux selon toutes les combinaisons techniquement possibles.
- [0094] On conçoit alors que la présente invention présente un certain nombre d'avantages.
- [0095] En outre, selon l'invention, les différentes zones de contraintes sont espacées entre elles de sorte que lorsque des défauts de câbles apparaissent sur les câbles, ces défauts ne sont pas appliqués aux mêmes endroit sur des câbles adjacents et sont suffisamment espacés entre eux pour éviter l'apparition d'un arc électrique durable.
- [0096] Par ailleurs, il a été démontré que lorsque la distance entre ces zones de contraintes est égale à au moins 20 mm, le risque d'apparition d'un arc électrique, notamment dans un environnement spatial dépourvue d'atmosphère, est considérablement diminué. En effet, cette distance entre les zones de contraintes permet de créer une différence de méthodologie de câblage (ou montage ou assemblage) qui va permettre aux câbles de réagir de manières différentes à l'ensemble des contraintes spatiales qui leur sont appliquées.
- [0097] Cela permet alors de trouver une disposition optimale des câbles sur la face arrière du panneau évitant l'établissement d'arcs électriques et gardant la structure du panneau relativement compacte.
- [0098] Ainsi, par exemple, pour rallonger le plus court chemin entre différentes zones de contraintes lors d'un routage de câbles dans une portion de guidage rectiligne, les

zones de contraintes sont désalignées ou sont disposées selon un axe oblique par rapport à l'axe de guidage.

- [0099] Selon une autre variante de réalisation, des barrières en matériau diélectriques sont insérées entre les câbles pour rallonger le plus court chemin entre les zones de contraintes correspondantes.
- [0100] Ainsi, lorsqu'un défaut apparaît sur un câble, ce défaut est suffisamment éloigné de toute zone dans laquelle un autre défaut est susceptible d'apparaître. Le risque d'établissement d'un arc électrique entre ces défauts est ainsi considérablement diminué.

## Revendications

- [Revendication 1] Panneau solaire (10) comportant :
- une embase (12) étant en contact avec un milieu ambiant et définissant une face avant (16) et une face arrière (18) ;
  - une pluralité de cellules photovoltaïques (14) disposées sur la face avant (16) de l'embase (12) ;
  - une pluralité de zones de composants électroniques (20A,...,20N) disposées sur la face arrière (18) de l'embase (12) et connectées entre elles par une pluralité de câbles électriques (22), chaque câble (22) comportant au moins une zone de contraintes (40A,...,40D, 42A,...,42D, 44A, 44B, 46A, 46B) dans laquelle des contraintes de nature mécanique, thermique ou électromagnétique sont exercées sur le câble, de sorte que deux câbles adjacents présentent au moins une paire de zones de contraintes ;
- le panneau (10) étant caractérisé en ce que les câbles (22) sont disposés sur la face arrière (18) de l'embase (12) de sorte que le plus court chemin passant par le milieu ambiant entre chaque paire de zones de contraintes (40A,...,40D, 42A,...,42D, 44A, 44B, 46A, 46B) soit égal à au moins environ 20 mm.
- [Revendication 2] Panneau (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins certains des câbles (20) sont fixés à la face arrière (18) de l'embase (12) dans des points de fixation (30A,...,30D, 32A,...,32D), chaque point de fixation (30A,...,30D, 32A,...,32D) formant une zone de contraintes (40A,...,40D, 42A,...,42D).
- [Revendication 3] Panneau (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que les points de fixation (30A,...,30D, 32A,...,32D) sont disposés sur la face arrière (18) de l'embase (12) de sorte à guider les câbles (22) correspondant l'un parallèle à l'autre au moins sur une portion de guidage rectiligne (33a, 33b) suivant un axe de guidage (X1, X2).
- [Revendication 4] Panneau (10) selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins certains des points de fixation (30A,...,30D, 32A,...,32D) forment un groupe de points de fixations, les points de fixation de ce groupe correspondant à des câbles (22) différents et étant disposés dans la portion de guidage rectiligne (33a) selon un axe oblique (Y1) formant un angle strictement inférieur à 90° avec l'axe de guidage (X1).
- [Revendication 5] Panneau (10) selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'au moins certains des points de fixation (30A,...,30D, 32A,...,32D)

forment un groupe de points de fixations, les points de fixation de ce groupe correspondant à des câbles (22) différents et étant disposés dans la portion de guidage rectiligne (33b) en zigzag par rapport à un axe de fixation (Y2) formant un angle non-nul avec l'axe de guidage (X2).

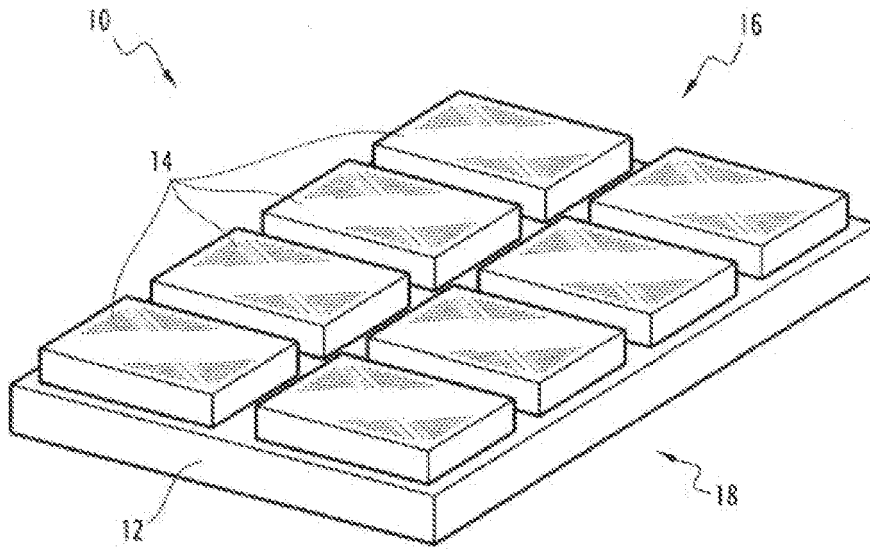
[Revendication 6] Panneau (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins une barrière (50) en matériau diélectrique disposée entre deux câbles (22) adjacents pour rallonger le plus court chemin, par contournement de la barrière (50), entre au moins certaines des zones de contraintes (44A, 44B) de ces câbles (22).

[Revendication 7] Panneau (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une pluralité de barrières (50) en matériau diélectrique se présentant sous la forme d'un peigne, chaque barrière étant disposées entre deux câbles (22) adjacents pour rallonger le plus court chemin, par contournement de la barrière, entre au moins certaines des zones de contraintes de ces câbles.

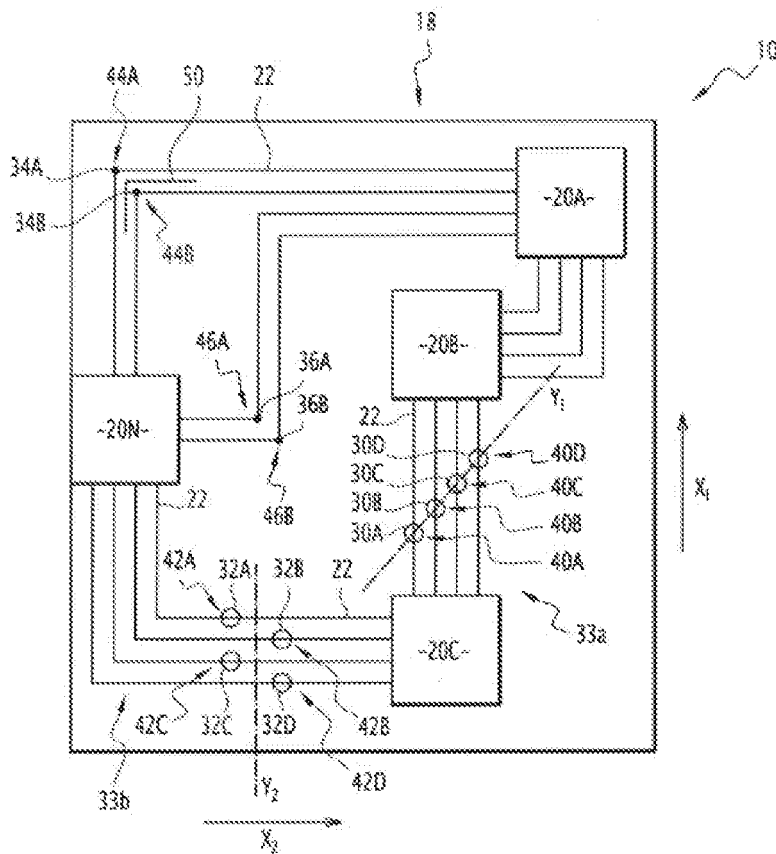
[Revendication 8] Panneau (10) selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la hauteur de la ou de chaque barrière (50) est au moins d'environ 18 mm.

[Revendication 9] Panneau (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est embarqué dans un engin spatial.

[Fig. 1]



[Fig. 2]





# 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 2019/360891 A1 (LINDE PETER [DE] ET AL)  
28 novembre 2019 (2019-11-28)

US 10 955 153 B2 (ARNDT PAUL RIIS [DK])  
23 mars 2021 (2021-03-23)

US 6 089 509 A (BASUTHAKUR SIBNATH [US] ET  
AL) 18 juillet 2000 (2000-07-18)

US 2016/118933 A1 (RUSSELL MILES C [US] ET  
AL) 28 avril 2016 (2016-04-28)

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

NEANT