

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

①① N° de publication : **3 144 979**

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

②① N° d'enregistrement national : **23 00468**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **B 64 G 1/66** (2023.01), G 04 G 99/00, G 01 T 1/02,  
G 01 J 5/20

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Dispositif de temporisation d'un système de passivation d'un engin spatial.

②② Date de dépôt : 18.01.23.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 19.07.24 Bulletin 24/29.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 03.01.25 Bulletin 25/01.

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) : *UNIVERSITE DE MONTPELLIER  
Etablissement public national à caractère scientifique  
culturel et professionnel — FR.*

⑦② Inventeur(s) : DUSSEAU Laurent.

⑦③ Titulaire(s) : *UNIVERSITE DE MONTPELLIER  
Etablissement public national à caractère scientifique  
culturel et professionnel.*

⑦④ Mandataire(s) : JACOBACCI CORALIS HARLE.

**FR 3 144 979 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Dispositif de temporisation d'un système de passivation d'un engin spatial**

#### **Domaine technique auquel se rapporte l'invention**

[0001] L'invention concerne le domaine technique de l'aérospatial et, plus particulièrement, la passivation des engins spatiaux en fin de vie.

#### **Arrière-plan technologique**

[0002] L'espace proche de la terre est encombré de satellites artificiels en fin de vie, susceptibles de rester en orbite pour encore plusieurs décennies. Afin de ne pas saturer l'espace proche, les agences spatiales imposent de limiter à 25 ans le temps de présence, en orbite basse, des satellites qui ne sont plus opérationnels.

[0003] Or, il a été observé à plusieurs reprises l'explosion de satellites non opérationnels, due à un dysfonctionnement de leurs accumulateurs électriques.

[0004] L'explosion d'un satellite génère un nombre conséquent de débris de petite taille, dont les vitesses et les directions ne sont pas contrôlées. Chaque débris présente alors un risque de collision avec un véhicule spatial opérationnel, collision susceptible de l'endommager de façon définitive.

[0005] Afin d'éviter ce risque d'explosion, les agences spatiales préconisent en fin de mission, la passivation des accumulateurs électriques des satellites. Pour ce faire, les satellites intègrent à présent un système de passivation, programmé pour épuiser de façon permanente toutes les réserves électriques à bord du satellite, à l'issue d'une période mémorisée par le système de passivation.

[0006] Pour que le système de passivation puisse réaliser sa mission de façon autonome, plus précisément sans instruction provenant de l'extérieur du satellite, le système de passivation est couplé avec un dispositif de temporisation présente dans le satellite. L'activation du système de passivation au moment opportun, dépend donc de la précision du dispositif de temporisation.

[0007] Pour préserver l'intégrité du dispositif de temporisation lors de la mise en orbite du satellite, il est connu de renforcer les interconnexions entre les différents composants du dispositif de temporisation. Ces dispositions particulières engendrent un surcoût ainsi qu'un délai de fabrication du dispositif de temporisation qui ne sont pas négligeables.

[0008] De façon connue, les dispositifs de temporisation utilisent des horloges électroniques ou atomiques pour la mesure du temps. Ces horloges mesurent l'écoulement du temps à partir de la fréquence d'une impulsion électrique générée par un oscillateur électronique. Or, la fréquence de cette impulsion électrique évolue notamment en fonction

de la température de l'oscillateur électronique. Il est donc primordial de stabiliser la température de l'oscillateur électronique de l'horloge pour permettre une mesure régulière du temps. C'est pourquoi les horloges numériques ou atomiques, embarquées dans les satellites, sont entourées d'un isolant thermique relativement épais afin de les préserver des variations fréquentes et extrêmes de température auxquels les satellites sont exposés lors de leur révolution autour de la terre. La présence de cet isolant thermique a pour inconvénient d'accroître de façon significative l'encombrement des horloges électroniques dans les satellites.

[0009] Selon un autre inconvénient, le fonctionnement d'un oscillateur électronique est susceptible de s'altérer lorsqu'il est exposé à des rayonnements électromagnétiques ou bien à des particules subatomiques énergétiques. En d'autres termes, lorsqu'un oscillateur électronique est exposé aux rayonnements électromagnétiques présents dans l'espace, son fonctionnement s'altère de façon non prévisible et irréversible au cours du temps. Les horloges électroniques intégrés dans les satellites en orbite et fonctionnant à l'aide d'un oscillateur électronique, présentent donc un risque d'erreur de mesure du temps de type statistique.

[0010] Afin de limiter ce risque d'erreur statistique, il est connu de durcir l'oscillateur électronique ainsi que les autres composants des horloges électroniques embarquées dans les satellites. Par « durcir », on entend le fait que les circuits électroniques sont doublés voir triplés et/ou que leurs dimensions sont accrues. Cette solution a néanmoins pour inconvénient d'accroître de façon significative le nombre de composants sensibles du dispositif de temporisation, composants généralement fragiles et coûteux. Selon un autre inconvénient, la redondance des circuits électroniques accroît également de façon significative l'encombrement, le poids et surtout la consommation électrique des horloges électroniques.

[0011] Une solution alternative ou complémentaire peut alors consister à placer le dispositif de temporisation dans un boîtier permettant d'atténuer les rayonnements. Toutefois, cette solution n'est pas idéale car elle accroît l'encombrement du dispositif de temporisation et complexifie sa connexion au système de passivation.

[0012] Pour les raisons évoquées ci-dessus, les horloges électroniques actuellement employées pour permettre l'activation d'un système de passivation de satellite en fin de vie, ne sont pas adaptées pour les satellites de petite taille ou nanosatellites.

[0013] L'invention vise à remédier à ce problème technique en proposant un dispositif de temporisation d'un nouveau genre, plus sûr, moins cher et plus compacte, permettant d'activer un système de passivation d'un satellite de petite taille ou nanosatellite, en fin de mission.

### **Objet de l'invention**

[0014] Pour cela, l'invention propose un dispositif de temporisation permettant l'activation

d'un système de passivation d'un engin spatial. Par les termes « dispositif de temporisation », on entend la capacité pour ledit dispositif d'activer un système de passivation, à l'issue d'un temps prédéterminé.

[0015] De façon remarquable, le dispositif de temporisation comprend un dispositif de commande couplé à un dosimètre. Selon l'invention, le dosimètre est apte à caractériser une dose de rayonnements auquel est exposé un engin spatial lors de sa mission. Les rayonnements absorbés par le dosimètre sont ionisants et/ou non ionisant.

[0016] Par le terme « couplé », on entend le fait que le dispositif de commande est apte à prendre connaissance au cours du temps de la dose de rayonnements absorbée par le dosimètre qui ne peut que croître au cours du temps, de sorte que le dispositif de commande puisse activer le système de passivation d'un engin spatial, lorsque la dose de rayonnement reçue par ledit dosimètre dépasse une valeur de référence.

[0017] En d'autres termes, le dispositif de temporisation évalue le temps passé dans l'espace par un engin spatial, en fonction de la dose de rayonnements reçue par un dosimètre.

[0018] Ainsi, dans l'espace, le dispositif de temporisation est d'utilisation plus sûr que les horloges électroniques décrites ci-dessus, du fait que le temps est caractérisé par rapport aux rayonnements présents dans l'environnement du dosimètre et non pas en fonction d'un oscillateur électronique dont le fonctionnement est susceptible d'être perturbé par les mêmes rayonnements.

[0019] Il est à noter que la dose de rayonnements à laquelle le dosimètre est exposé, lorsque le dosimètre évolue sur une orbite et une durée définies, peut être déterminée de façon précise ou relativement précise par l'homme du métier. De ce fait, l'utilisation d'un dosimètre pour caractériser l'écoulement du temps dans l'espace s'effectue avantageusement de façon déterministe et non pas soumise à une statistique de fiabilité comme c'est le cas pour les horloges électroniques.

[0020] Ainsi, le dispositif de temporisation selon l'invention peut comporter des précautions de durcissement et d'isolation thermique moindres, en comparaison avec les horloges électroniques décrites ci-dessus. Pour ces raisons, le dispositif de temporisation selon l'invention se distingue de l'état de la technique en ce qu'il est plus économe, plus compact et plus léger.

[0021] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le dispositif de commande comprend une unité de comparaison connectée au dosimètre et une unité de référence connectée à l'unité de comparaison. L'unité de référence est apte à communiquer une valeur de référence à l'unité de comparaison, et l'unité de comparaison est apte à activer un système de passivation connecté au dispositif de commande selon l'invention.

[0022] La valeur de référence correspond à une valeur estimée des rayonnements absorbés par le dosimètre, à l'issue de la mission d'un engin spatial comprenant le dispositif de

temporisation selon l'invention. Comme expliqué ci-après, la valeur de référence est aisément estimable par l'homme du métier, à partir de l'orbite parcouru par l'engin spatial lors de sa mission et des propriétés d'absorption du dosimètre et, éventuellement, des matériaux entourant le dosimètre.

- [0023] Afin d'accroître la robustesse du dispositif de temporisation, l'ensemble des éléments composant le dispositif de temporisation sont de type analogique et connectés entre eux par l'intermédiaire de pistes conductrices et/ou de fils électriquement conducteurs.
- [0024] Par exemple, l'unité de référence peut comprendre une ou plusieurs résistances électriques connectées en série, alimentée(s) par une source de tension, de sorte à délivrer à l'unité de comparaison une tension électrique correspondant à la valeur de référence.
- [0025] Selon une variante, l'unité de référence comprend un ou plusieurs interrupteurs commandés, branché(s) en parallèle d'une ou de plusieurs résistances électriques, de manière à permettre de modifier la tension électrique délivrée par l'unité de référence à l'unité de comparaison. A titre d'exemple nullement limitatif, l'unité de référence peut être un pont diviseur de tension comprenant un ou plusieurs interrupteurs commandés par l'unité de communication.
- [0026] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le dispositif de commande comprend une unité de communication apte à recevoir une nouvelle valeur de référence, et apte à substituer la valeur de référence enregistrée par l'unité de référence par la nouvelle valeur de référence.
- [0027] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, l'unité de communication est apte à recevoir une nouvelle valeur de référence lorsque le dispositif de temporisation est présent dans un engin spatial. Ainsi, de façon avantageuse, la passivation d'un engin spatial équipé de l'invention, peut être avancée ou retardée selon les circonstances de la mission.
- [0028] De préférence, la nouvelle valeur de référence est transmise à l'unité de communication du dispositif de temporisation, par l'intermédiaire de signaux radiofréquences.
- [0029] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, le dosimètre comprend une cellule sensible, composée d'une matière dont les propriétés physiques évoluent proportionnellement à la dose de rayonnements absorbée.
- [0030] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la matière composant la cellule sensible est apte à absorber une dose de rayonnements dont la valeur est comprise entre 1 krad et 1Mrad, de préférence entre 1 krad et 10 krad.
- [0031] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la conductivité électrique de la matière composant la cellule sensible, évolue proportionnellement à la dose de rayonnements absorbée par la cellule sensible. De préférence, la conductivité électrique de la matière composant la cellule sensible évolue de façon irréversible

lorsqu'elle exposée à une dose de rayonnements.

- [0032] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la cellule sensible est apte à délivrer un signal électrique proportionnel à la conductivité électrique de la matière composant la cellule sensible.
- [0033] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la cellule sensible comprend un transistor à effet de champ. De préférence, le transistor à effet de champ comporte une épaisseur d'oxyde comprise entre 80 nm et 420 nm.
- [0034] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation mentionnées ci-dessus peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.
- [0035] L'invention concerne également un système de passivation d'un engin spatial couplé à un dispositif de temporisation telle que décrit ci-dessus, de sorte que le système de passivation puisse être activé par le dispositif de temporisation.
- [0036] De préférence, le système de passivation est apte à épuiser toutes les réserves électriques à bord d'un engin spatial.
- [0037] L'invention concerne aussi un engin spatial comprenant un système de passivation tel que décrit ci-dessus, de préférence un satellite de petite taille ou nanosatellite. Par nanosatellite, on entend un engin spatial dont le poids est compris entre 1 kg et 50 kg, de préférence entre 1 Kg et 30 kg. Et pour tout satellite jusqu'à 7 000kg en GEO.

### **Description des figures**

- [0038] L'invention sera mieux comprise au regard de la description détaillée ci-dessous, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré et non limitatif, illustré par la figure suivante :
- [0039] [Fig.1] illustre un schéma d'un dispositif de temporisation permettant l'activation d'un système de passivation d'un engin spatial, selon l'invention ;
- [0040] [Fig.2] illustre un schéma d'une variante de réalisation d'un dispositif de temporisation permettant l'activation d'un système de passivation d'un engin spatial, selon l'invention.

### **Description détaillée de l'invention**

- [0041] Pour rappel, l'invention propose un dispositif de temporisation plus sûr, moins cher et plus compact, permettant le déclenchement d'un système de passivation d'un satellite de petite taille.
- [0042] La [Fig.1] représente une vue schématique des différents éléments composant un dispositif de temporisation 2 selon l'invention. La référence 4 désigne un dispositif de commande couplé à un dosimètre 6.
- [0043] Par le terme « couplé », on entend la possibilité pour deux éléments d'échanger de

l'information. Selon le présent exemple, les éléments composant le dispositif de temporisation 6 sont connectés entre eux par l'intermédiaire de conducteurs électriques, désignés par la référence 8 sur la [Fig.1], permettant l'échange d'information entre lesdits éléments.

- [0044] Plus précisément, le dispositif de commande 4 se compose d'une unité de comparaison 10, de préférence analogique, couplée à une unité de communication 12.
- [0045] L'unité de communication 12 est configuré pour recevoir une information provenant de l'extérieur du dispositif de temporisation. L'information peut être transmise à l'unité de communication 12 sous forme de signaux électriques ou bien de signaux radiofréquences. De préférence, l'unité de communication 12 est configurée pour recevoir une information provenant de la surface d'un corps astral par exemple terrestre, lorsque le dispositif de temporisation 2 est présent dans un engin spatial. L'unité de communication est également apte à traiter des messages internes au satellite provenant d'une source extérieure.
- [0046] L'unité de comparaison 10 est apte à transmettre une information reçue par l'unité de communication 12 à une unité de référence 14, de manière à ce que ladite information soit enregistrée par l'unité de référence. L'unité de comparaison 10 est également apte à lire des informations contenues dans l'unité de référence 14, telle qu'une valeur de référence mentionnée ci-dessous. L'unité de comparaison 10 est couplée au dosimètre 6 de manière à pouvoir recevoir en temps réel ou bien périodiquement, un signal électrique généré par le dosimètre 6.
- [0047] Selon le présent exemple et à titre non limitatif, le dosimètre 6 comprend un transistor à effet de champ, commercialisé par la société VARADIS, sous l'une des références suivantes, consultables sur le site internet <https://www.varadis.com/products/> :
- [0048] - Varadis RADFET VT01, comprenant un RADFET de 400 nm dans un boîtier en plastique SOT-23 à six fils, pour des doses comprises entre 1 cGy (1 rad) et 1 kGy (100 krad) ; où
- [0049] - Varadis RADFET VT03, comprenant un RADFET de 1  $\mu\text{m}$  dans un boîtier en plastique SOT-23 à six fils, pour des doses comprises entre 3 mGy (0,3 rad) et 10 Gy (1 krad) ; ou
- [0050] - Varadis RADFET VT05, comprenant un RADFET 100 nm dans un boîtier en plastique SOT-23 à six fils, pour des doses comprises entre 10 Gy (1 krad) et 10 kGy (1 Mrad).
- [0051] Les composants électroniques désignés par la référence « Varadis RADFET » se composent d'un transistor à effet de champ à grille isolée, plus couramment désigné sous la référence MOSFET (acronyme anglais pour « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor »). Plus précisément, ces transistors à effet de champ comportent un canal de type « p », sensible aux rayonnements : gamma, X et protons.

- [0052] Par le terme « sensible », on entend que les propriétés électriques de l'oxyde, composant le transistor à effet de champ, varient en fonction de la dose de rayonnements absorbée par ledit oxyde. En d'autres termes, la tension de seuil du transistor à effet de champ varie selon la dose de rayonnements absorbée par l'oxyde formant la grille dudit transistor.
- [0053] La tension de seuil du transistor à effet de champ est polarisée par un courant continu, par exemple de 10  $\mu$ A. En fonction de la dose d'irradiations absorbée, la valeur de la tension seuil du transistor à effet de champ varie par une augmentation linéairement proportionnelle à la dose reçue, jusqu'à atteindre une valeur de saturation définissant la plage d'utilisation du capteur.
- [0054] A chaque transistor à effet de champ mentionné ci-dessus, le fabricant de semi-conducteur communique une courbe d'étalonnage spécifique, permettant à l'homme du métier d'estimer aisément la valeur initiale de la tension de seuil et la sensibilité (voir courbe) électrique délivrée par ledit transistor, selon la dose de rayonnements qu'il absorbe.
- [0055] Or, la dose de rayonnements absorbée par le transistor est aisément estimable à partir du logiciel « OMERE », téléchargeable à partir du site internet de la société TRAD TESTS & RADIATIONS, à l'adresse suivante :  
<https://www.trad.fr/spatial/logiciel-omere/>.
- [0056] Plus précisément, le logiciel « OMERE » permet d'évaluer la dose de rayonnements absorbée par un matériau, en fonction de sa nature, de son épaisseur ainsi que de son temps de présence sur une orbite.
- [0057] En sélectionnant comme paramétrage pour le logiciel « OMERE », un oxyde de nature et d'épaisseur identique à l'oxyde formant le canal de type « p », d'un transistor à effet de champ à grille isolée mentionné ci-dessus, commercialisé par la société VARDIS, une orbite précise et un temps de vol défini, l'homme du métier peut aisément obtenir une estimation de la dose de rayonnements absorbées par ledit transistor.
- [0058] En reportant la valeur de cette estimation sur la courbe de calibrage spécifique dudit transistor, communiquée par la société VARADIS, l'homme du métier peut facilement estimer la valeur de la tension électrique dénommée ci-après valeur de référence, délivrée par ledit transistor à l'issue d'une période et une orbite sélectionnée ci-dessus.
- [0059] L'unité de comparaison 10 est couplée au dosimètre 6 ainsi qu'à l'unité de référence 14, de manière à pouvoir caractériser en temps réel ou bien périodiquement, la valeur de la tension électrique délivrée par le transistor à effet de champ composant le dosimètre 6, puis comparer cette valeur de tension électrique à une valeur de référence préenregistrée par l'unité de référence 14.
- [0060] De façon remarquable, l'unité de comparaison 10 est configurée pour délivrer un

signal de commande lorsque la valeur de la tension électrique délivrée par le transistor à effet de champ composant le dosimètre 6, est égale ou bien dépasse la valeur de référence enregistrée par l'unité de référence 14. Le signal de commande est destiné à permettre l'activation d'un système de passivation, non représenté sur les figures.

- [0061] En d'autres termes, lorsque le dispositif de temporisation 2 est destiné à se déplacer sur une orbite connue, la valeur de référence enregistrée par l'unité de référence 14, permet de programmer de façon déterministe, le moment où le dispositif de temporisation 2 se déplaçant sur cette orbite, émet un signal de commande apte à activer un système de passivation.
- [0062] Ainsi, de façon avantageuse, le dispositif de temporisation 2 évalue le temps passé sur une orbite, en fonction de la dose de rayonnements reçue par le dosimètre 6. Ainsi, le dispositif de temporisation 2 est plus compact et plus sûr que les dispositifs électroniques décrits ci-dessus, du fait que le temps est caractérisé par rapport à son environnement et non pas en fonction par exemple d'un oscillateur électronique encombrant, dont le fonctionnement est en outre perturbé par les rayonnements environnants.
- [0063] Selon une variante de l'invention illustrée par la [Fig.2], l'unité de référence 14 se compose de plusieurs résistances électriques 16, montées en série et alimentées par une même source de tension V. De préférence, la source de tension V est configurée pour délivrer un courant stable jusqu'à ce que le dispositif de temporisation 2 émette le signal de passivation.
- [0064] De façon avantageuse, l'unité de référence 14 comporte deux interrupteurs commandés 18 et 19 aptes à être pilotés par l'unité de communication 12. Comme illustré par la [Fig.2], les interrupteurs commandés 18 et 19 sont montés en parallèles d'une ou bien de deux résistances électriques 16, de manière à permettre à l'unité de communication de modifier la valeur de la tension électrique délivrée par l'unité de référence 14 à l'unité de comparaison 10.
- [0065] A titre d'exemple non limitatif, lorsque les interrupteurs commandés 18 et 19 sont tous deux maintenus en position ouverte comme illustré par la [Fig.2], le dispositif de temporisation est paramétré pour activer un dispositif de passivation, à l'issue d'un premier temps de vol du dispositif de passivation à une orbite définie.
- [0066] Lorsque l'unité de communication 12 commande uniquement la fermeture de l'interrupteur commandé 18, le dispositif de temporisation est reprogrammé pour activer un dispositif de passivation à l'issue d'un second temps de vol plus court que le premier.
- [0067] Lorsque l'unité de communication 12 commande la fermeture de l'interrupteurs commandés 19, le dispositif de temporisation est alors reprogrammé pour activer immédiatement un dispositif de passivation.

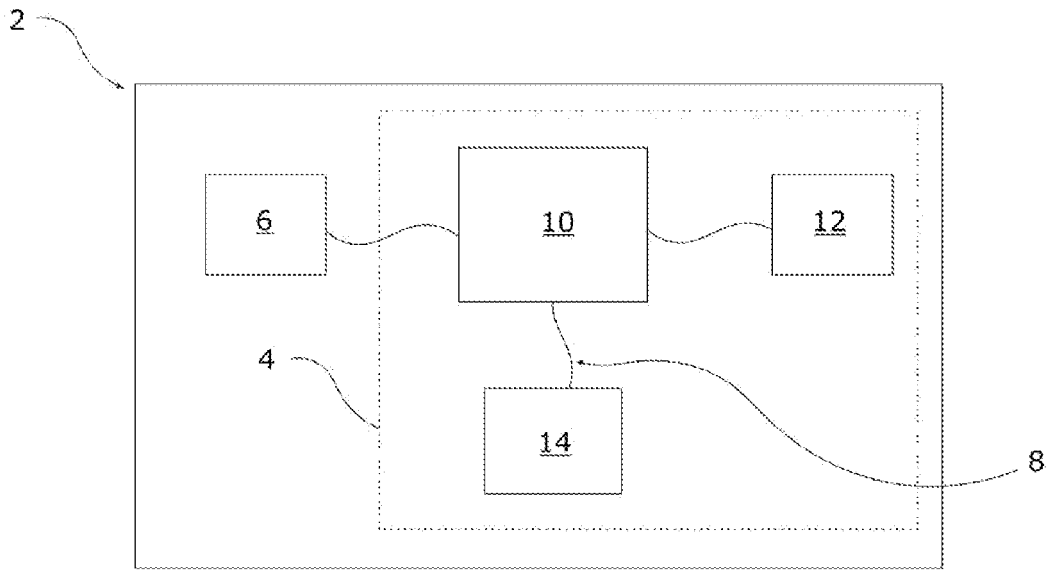
[0068] Ainsi, l'unité de communication 12 permet avantageusement de modifier à distance le moment souhaité où le dispositif de temporisation émettra un signal apte à déclencher la passivation d'un satellite lorsque ledit dispositif est présent dans un satellite en vol.

## Revendications

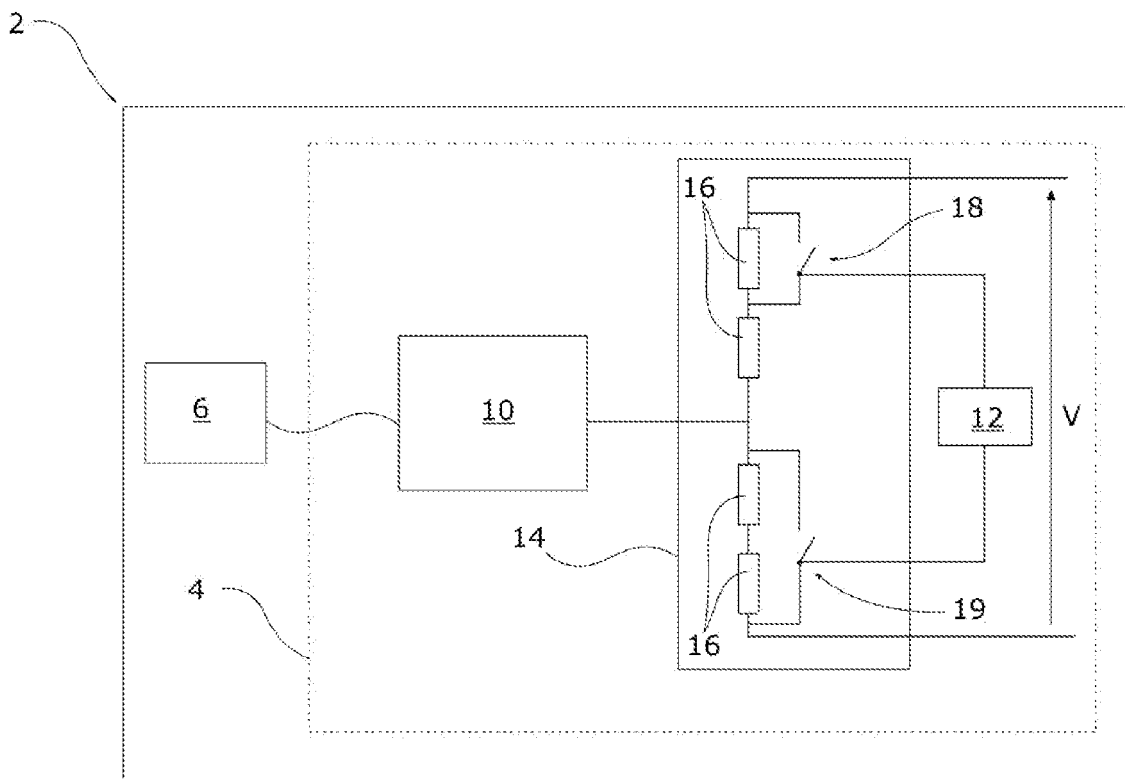
- [Revendication 1] Dispositif de temporisation (2) permettant l'activation d'un système de passivation d'un engin spatial, caractérisé en ce que le dispositif de temporisation (2) comprend un dispositif de commande (4) couplé à un dosimètre (6), le dosimètre est apte à caractériser une dose de rayonnements auquel est exposé un engin spatial lors de sa mission, de manière à ce que le dispositif de commande (4) puisse prendre connaissance de la dose de rayonnements absorbée par ledit dosimètre (6), et en ce que le dispositif de commande (4) est apte à activer un système de passivation d'un engin spatial lorsque la dose de rayonnements reçue par ledit dosimètre (6) dépasse une valeur de référence.
- [Revendication 2] Dispositif de temporisation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de commande (4) comprend une unité de comparaison (10) connectée au dosimètre (6) et une unité de référence (14) connectée à l'unité de comparaison (10).
- [Revendication 3] Dispositif de temporisation selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'unité de référence (14) comprend des composants analogiques (16).
- [Revendication 4] Dispositif de temporisation selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'unité de référence (14) comprend une ou plusieurs résistances électriques (16) connectées en série, alimentée(s) par une source de tension (V), de sorte à délivrer à l'unité de comparaison (10) une tension électrique correspondant à la valeur de référence.
- [Revendication 5] Dispositif de temporisation selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'unité de référence (14) comprend un ou plusieurs interrupteurs commandés (18, 19), branché(s) en parallèle d'une ou de plusieurs résistances électriques (16), de manière à modifier la tension électrique délivrée par l'unité de référence (14) à l'unité de comparaison (10).
- [Revendication 6] Dispositif de temporisation (2) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le dispositif de commande (4) comprend une unité de communication (12) apte à recevoir une nouvelle valeur de référence et à substituer la valeur de référence enregistrée par l'unité de référence (14) par la nouvelle valeur de référence.
- [Revendication 7] Dispositif de temporisation (2) selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'unité de communication (12) est apte à recevoir une nouvelle valeur de référence lorsque le dispositif de temporisation (2) est présent

- dans un engin spatial en vol.
- [Revendication 8] Dispositif de temporisation (2) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le dosimètre (6) comprend une cellule sensible, composée d'une matière dont les propriétés physiques évoluent proportionnellement à la dose de rayonnements, absorbée par la cellule sensible.
- [Revendication 9] Dispositif de temporisation (2) selon la revendication 8, caractérisé en ce que la matière composant la cellule sensible est apte à absorber une dose de rayonnements dont la valeur est comprise entre 1 krad et 1 Mrad.
- [Revendication 10] Dispositif de temporisation (2) selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la conductivité électrique de la matière composant la cellule sensible, évolue proportionnellement à la dose de rayonnements absorbée par la cellule sensible.
- [Revendication 11] Dispositif de temporisation (2) selon la revendication 8, caractérisé en ce que la cellule sensible est apte à délivrer un signal électrique proportionnel à la conductivité électrique de la matière composant la cellule sensible.
- [Revendication 12] Dispositif de temporisation (2) selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que la cellule sensible comprend un transistor à effet de champ.
- [Revendication 13] Système de passivation d'un engin spatial caractérisé en ce que le système de passivation est couplé à un dispositif de temporisation (2) selon l'une des revendications 1 à 12, de sorte que le système de passivation puisse être activé par le dispositif de temporisation (2).
- [Revendication 14] Système de passivation d'un engin spatial selon la revendication 13, caractérisé en ce que le système de passivation est apte à épuiser toutes les réserves électriques à bord d'un engin spatial.
- [Revendication 15] Engin spatial comprenant un système de passivation selon la revendication 13 ou 14.

[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**

TSCHERNE CHRISTOPH ET AL: "Development of a Miniaturized Reference Dosimeter Payload for SmallSat Applications",  
2021 21TH EUROPEAN CONFERENCE ON RADIATION AND ITS EFFECTS ON COMPONENTS AND SYSTEMS (RADECS), IEEE,  
13 septembre 2021 (2021-09-13), pages 1-6,  
XP034232596,  
DOI: 10.1109/RADECS53308.2021.9954463  
[extrait le 2022-11-23]

US 2020/407083 A1 (SOARES TIAGO [NL] ET AL) 31 décembre 2020 (2020-12-31)

US 2021/114751 A1 (MIYAMOTO TAKASHI [JP] ET AL) 22 avril 2021 (2021-04-22)

ANDJELKOVIC MARKO ET AL: "A design concept for radiation hardened RADFET readout system for space applications",  
MICROPROCESSORS AND MICROSYSTEMS, IPC BUSINESS PRESS LTD. LONDON, GB,  
vol. 90, 15 février 2022 (2022-02-15),  
XP087027878,  
ISSN: 0141-9331, DOI:  
10.1016/J.MICPRO.2022.104486  
[extrait le 2022-02-15]

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

NEANT