

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 136 779**

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

②1 N° d'enregistrement national : **22 05920**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **C 23 C 16/27 (2022.01), B 63 G 8/38, C 09 D 5/16**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 20.06.22.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 22.12.23 Bulletin 23/51.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : **SAFRAN ELECTRONICS &  
DEFENSE SAS — FR.**

⑦② Inventeur(s) : **SAVOYE, Marie, PRAT, Sylvain,  
PORET, Fabian et BAYLE, Laurent.**

⑦③ Titulaire(s) : **SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE  
SAS.**

⑦④ Mandataire(s) : **GEVERS & ORES.**

⑤④ **PIECE DESTINEE A ETRE IMMERGEE DANS UNE ETENDUE D'EAU.**

⑤⑦ L'invention concerne une pièce (1), en particulier pour  
une installation périscopique, destinée à être immergée  
dans une étendue d'eau, la pièce (1) comprenant un corps  
métallique (2) présentant une surface (2a) et un revêtement  
(6) agencé sur la surface (2a), caractérisée en ce que la sur-  
face (2a) présente une rugosité moyenne arithmétique Ra  
inférieure ou égale à 0.1 µm, et en ce que le revêtement (6)  
comprend une couche DLC (6a) hydrogéné.

Figure d'abrégé : 2



FR 3 136 779 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : PIÈCE DESTINÉE A ÊTRE IMMERGÉE DANS UNE ÉTENDUE D'EAU**

#### **Domaine technique de l'invention**

[0001] L'invention concerne le domaine technique des pièces destinées à être immergées dans une étendue d'eau. L'invention concerne en particulier les pièces pour les installations périscopiques.

#### **Arrière-plan technique**

[0002] Les sous-marins sont immergés dans une étendue d'eau, par exemple en mer. Dans le cadre de leurs missions, les sous-marins doivent assurer l'observation d'objets disposés à la surface de l'eau par exemple.

[0003] A cet effet, ils sont typiquement équipés d'une installation périscopique permettant l'observation optique d'objets à distance sans rendre visible le sous-marin.

[0004] Une installation périscopique comprend typiquement un tube métallique et au moins un miroir monté à chaque extrémité du tube. L'installation périscopique comprend également des pièces qui assurent le montage du tube dans le sous-marin par exemple.

[0005] Ces pièces comprennent typiquement un corps métallique. Comme elles résident dans un milieu marin, les pièces sont rapidement soumises à une forte corrosion marine. Il est donc important d'améliorer leur tenue à la corrosion afin de garantir leur intégrité dans le temps.

[0006] A cet effet, il est connu de déposer sur le corps métallique un revêtement de nickel et de phosphore par un traitement de nickel chimique haut phosphore par exemple. L'épaisseur du revêtement est généralement de 80  $\mu\text{m}$ . Bien qu'il améliore considérablement la tenue à la corrosion de la pièce, un tel revêtement ne donne pas entière satisfaction.

[0007] En effet, l'importante épaisseur du revêtement déposée par le procédé de nickel chimique génère des contraintes internes dans le revêtement. Ces contraintes internes résultent en un faïençage qui représente un réseau de fissures et de craquelures apparaissant à la surface du revêtement. Un tel faïençage réduit considérablement la tenue à la corrosion de la pièce et il est donc nécessaire de retirer le revêtement du corps métallique puis de déposer un nouveau revêtement. Le temps de fabrication de la pièce est donc particulièrement long.

[0008] En outre, la pièce coopère généralement avec un joint d'étanchéité permettant de limiter les fuites dans l'installation. Il a été constaté que les frottements entre le joint d'étanchéité et le revêtement conduisent à une usure prématurée du revêtement et du joint d'étanchéité. Ceci réduit la longévité de la pièce et du joint d'étanchéité qui

doivent être remplacés régulièrement afin de garantir l'étanchéité de l'installation.

[0009] Dans ce contexte, il existe un besoin de fournir une pièce, en particulier pour une installation périscopique, destinée à être immergée dans une étendue d'eau, qui soit résistante à la corrosion marine, à l'usure et dont le temps de fabrication est réduit.

### **Résumé de l'invention**

[0010] A cet effet, l'invention propose une pièce, en particulier pour une installation périscopique, destinée à être immergée dans une étendue d'eau, la pièce comprenant un corps métallique présentant une surface et un revêtement agencé sur la surface.

[0011] La pièce est remarquable en ce que la surface présente une rugosité moyenne arithmétique  $R_a$  inférieure ou égale à  $0.1 \mu\text{m}$ , et en ce que le revêtement comprend une couche DLC hydrogéné.

[0012] Le revêtement selon l'invention comprend une couche DLC (Diamond Like Carbon) hydrogéné (a-c :H) qui présente l'avantage de ne pas entraîner de faïençage. Le procédé de fabrication de la pièce comprend donc une seule étape de dépôt du revêtement ce qui permet de réduire le temps de fabrication de la pièce contrairement aux revêtements de l'art antérieur qui nécessitent plusieurs dépôts pour arriver à un revêtement sans faïençage.

[0013] En outre, une telle couche présente de bonnes propriétés tribologiques. Grâce à ces nouvelles propriétés tribologiques, les frottements entre la couche DLC et les joints d'étanchéité sont limités. L'invention permet donc de réduire l'usure prématurée du revêtement et des joints avec lesquels il peut coopérer. Grâce à l'invention, la longévité de la pièce est augmentée.

[0014] Par ailleurs, selon l'invention, la surface du corps métallique présente une rugosité moyenne arithmétique  $R_a$  inférieure ou égale à  $0.1 \mu\text{m}$ .

[0015] Il a été constaté qu'au-delà de cette valeur de rugosité moyenne arithmétique seuil, la résistance intrinsèque à la corrosion marine du corps métallique était fortement dégradée malgré la présence de la couche de DLC hydrogéné. Une telle valeur de rugosité moyenne arithmétique du corps métallique en combinaison avec la couche de DLC hydrogéné permet donc de limiter la corrosion marine de la pièce.

[0016] L'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

[0017] - la rugosité moyenne arithmétique  $R_a$  est inférieure ou égale à  $0.09 \mu\text{m}$ ,

[0018] - la surface présente une rugosité totale  $R_t$  inférieure ou égale à  $1.6 \mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à  $1.4 \mu\text{m}$ ,

[0019] - la surface présente une rugosité moyenne  $R_z$  inférieure ou égale à  $1 \mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à  $0.9 \mu\text{m}$ ,

[0020] - la couche DLC présente une épaisseur inférieure à  $10 \mu\text{m}$ , préférentiellement in-

- férieure à 5  $\mu\text{m}$ , encore plus préférentiellement comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$ ,
- [0021] - la couche DLC est dopée à l'oxyde de silicium,
  - [0022] - le revêtement comprend une couche matifiante agencée sur au moins une partie de la couche DLC,
  - [0023] - la couche matifiante comprend une peinture,
  - [0024] - la couche DLC présente une première partie et une seconde partie, la couche matifiante étant agencée sur la première partie et la seconde partie étant dépourvue de couche matifiante et destinée à coopérer avec un joint d'étanchéité,
  - [0025] - le corps métallique est en acier inoxydable,
  - [0026] - la pièce est une pièce de révolution.
  - [0027] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une pièce selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes, et comprenant les étapes suivantes :
  - [0028] a) fournir un corps métallique présentant une surface,
  - [0029] b) former un revêtement sur la surface.
  - [0030] Le procédé est remarquable en ce qu'à l'étape a) la surface présente une rugosité moyenne arithmétique Ra inférieure ou égale à 0.1  $\mu\text{m}$ , et en ce que l'étape b) comprend une sous étape b1) de dépôt d'une couche DLC hydrogéné.

### **Brève description des figures**

- [0031] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui suit d'un mode de réalisation non limitatif de l'invention en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- [0032] la [Fig.1] est une vue en coupe axiale d'un ensemble auquel peut s'appliquer l'invention ;
- [0033] la [Fig.2] est une vue en coupe axiale d'une pièce selon l'invention équipant l'ensemble de la [Fig.1];
- [0034] la [Fig.3] est une vue en coupe axiale d'une pièce selon un mode particulier de réalisation de l'invention et coopérant avec un joint de l'ensemble de la [Fig.1] ;
- [0035] la [Fig.4] est une image au microscope d'un échantillon d'une pièce selon l'invention ;
- [0036] la [Fig.5] est un schéma synoptique d'un procédé de fabrication de la pièce selon l'invention.

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

- [0037] Les sous-marins sont typiquement équipés d'une installation périscopique pour l'observation d'objets à distance.
- [0038] L'installation périscopique (non représentée) est donc destinée à être immergée dans une étendue d'eau. L'installation périscopique est destinée à résider dans un environnement fortement corrosif.

- [0039] Une telle installation périscopique comprend typiquement un tube métallique comprenant à chacune de ses extrémités au moins un miroir permettant l'observation d'objets à distance.
- [0040] La [Fig.1] représente par exemple un ensemble E comprenant une pièce 1 équipant une telle installation périscopique. La pièce 1 présente par exemple un axe de révolution X.
- [0041] La pièce 1 comprend un corps 2. Le corps 2 est métallique. Avantageusement, le matériau métallique du corps 2 est choisi parmi les aciers inoxydables. L'acier inoxydable est par exemple un acier inoxydable martensitique tel que le grade d'acier APX4. Un tel matériau métallique permet d'améliorer la résistance à la corrosion marine de la pièce 1.
- [0042] Le corps 2 présente par ailleurs une surface 2a. La surface 2a présente une rugosité moyenne arithmétique Ra inférieure ou égale à 0.1  $\mu\text{m}$ . Préférentiellement, la rugosité moyenne arithmétique Ra est inférieure ou égale à 0.09  $\mu\text{m}$ , et encore plus préférentiellement inférieure ou égale à 0.05  $\mu\text{m}$ .
- [0043] La rugosité moyenne arithmétique Ra est définie dans la norme ISO4287 :1997. Elle est entendue comme la moyenne arithmétique des valeurs absolues des ordonnées du profil de rugosité de la surface à l'intérieur d'une longueur de base du profil.
- [0044] Avantageusement, la surface 2a présente une rugosité totale Rt inférieure ou égale à 1.6  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à 1.4  $\mu\text{m}$ .
- [0045] La rugosité totale Rt est définie dans la norme ISO4287 :1997. Elle est entendue comme la somme de la plus grande des hauteurs de saillie du profil et de la plus grande des profondeurs de creux du profil, à l'intérieur d'une longueur d'évaluation. La longueur d'évaluation est de 4 mm telle que déterminée dans la norme ISO 4288 : 1996.
- [0046] Avantageusement, la surface 2a présente une rugosité moyenne Rz inférieure ou égale à 1  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à 0.9  $\mu\text{m}$ .
- [0047] La rugosité moyenne Rz est définie dans la norme ISO4287 :1997. Elle est entendue comme la somme de la plus grande des hauteurs de saillie du profil et de la plus grande des profondeurs de creux du profil à l'intérieur de la longueur de base.
- [0048] La rugosité moyenne arithmétique Ra, la rugosité moyenne Rz et la rugosité totale Rt sont mesurées à l'aide d'un rugosimètre tel que le rugosimètre Mitutoyo® SJ210.
- [0049] En outre, en référence à la [Fig.2], la pièce 1 comprend un revêtement 6 agencé sur la surface 2a du corps 2. Selon l'invention, le revêtement 6 comprend une couche DLC 6a hydrogéné (a-c :H). Préférentiellement, la couche DLC 6a est agencée sur toute la surface 2a. La couche DLC 6a présente une épaisseur inférieure à 10  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure à 5  $\mu\text{m}$ , et encore plus préférentiellement comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$ , notamment comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 3  $\mu\text{m}$ .

- [0050] Préférentiellement, la couche DLC 6a présente une rugosité moyenne arithmétique Ra inférieure ou égale à 0.2  $\mu\text{m}$ , et encore plus préférentiellement inférieure ou égale à 0.18  $\mu\text{m}$ .
- [0051] Préférentiellement, la couche DLC 6a présente une rugosité totale Rt inférieure ou égale à 2.5  $\mu\text{m}$  et encore plus préférentiellement inférieure ou égale à 2  $\mu\text{m}$ .
- [0052] Préférentiellement, la couche DLC 6a présente une rugosité moyenne Rz inférieure ou égale à 2  $\mu\text{m}$ , et encore plus préférentiellement inférieure ou égale à 1.8  $\mu\text{m}$ .
- [0053] Un tel état de surface de la couche DLC 6a permet d'améliorer encore la résistance à la corrosion marine de la pièce 1.
- [0054] Préférentiellement, la couche DLC 6a présente un taux d'hydrogène compris entre 15% et 50%, préférentiellement entre 15% et 35%.
- [0055] Préférentiellement, la couche DLC 6a est dopée à l'oxyde de silicium (SiO). Le matériau de la couche DLC 6a est par exemple le BALINIT® Dylun 180 de la société Oerlikon Balzers.
- [0056] Avantageusement, le revêtement 6 comprend une sous couche 6c agencée entre la surface 2a et la couche DLC 6a. La sous couche 6c comprend avantageusement du titane (Ti) ou du nitrure de chrome (CrN). Elle permet de favoriser l'accrochage de la couche DLC 6a sur le corps métallique 2.
- [0057] Avantageusement, et en référence à la [Fig.3], le revêtement 6 comprend une couche matifiante 6b agencée sur au moins une partie de la couche DLC 6a. La couche DLC 6a est agencée entre le corps métallique 2 et la couche matifiante 6b. La couche matifiante 6b est par exemple agencée sur une première partie de la couche DLC 6a et une seconde partie de la couche DLC 6a est dépourvue de la couche matifiante 6b. La couche matifiante 6b permet de limiter la visibilité de la pièce 1 pour assurer sa discrétion.
- [0058] La couche matifiante 6b comprend préférentiellement une peinture. L'épaisseur de la couche matifiante 6b est avantageusement comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 300  $\mu\text{m}$ , préférentiellement entre 200  $\mu\text{m}$  et 300  $\mu\text{m}$ , par exemple de 250  $\mu\text{m}$ .
- [0059] La présence d'oxyde de silicium dans la couche DLC 6a permet d'augmenter l'affinité chimique entre la couche DLC 6a et la couche matifiante 6b.
- [0060] L'ensemble E comprend en outre un organe 7 coopérant par exemple avec la pièce 1. L'organe 7 est par exemple métallique. Il est par exemple annulaire et centré sur l'axe de révolution X. Il est par exemple agencé autour de la pièce 1. L'organe 7 porte un joint d'étanchéité 8. L'organe 7 présente par exemple une rainure dans laquelle le joint d'étanchéité 8 est agencé.
- [0061] Le joint d'étanchéité 8 est situé entre la pièce 1 et l'organe 7. Le joint d'étanchéité 8 est préférentiellement agencé autour de la seconde partie de la couche DLC 6a dépourvue de la couche matifiante 6b. Le joint d'étanchéité 8 est par exemple

annulaire. Le joint d'étanchéité 8 est par exemple en matériau polymérique tel qu'un élastomère choisi par exemple parmi les caoutchoucs de nitrile (NBR pour « nitrile butadiène rubber » en langue anglaise).

- [0062] La pièce 1 est par exemple fixe et/ou mobile et l'organe 7 est par exemple fixe et/ou mobile. L'organe 7 et/ou la pièce 1 sont par exemple mobiles en rotation et/ou en translation.
- [0063] L'ensemble 1 est un vérin par exemple hydraulique. La pièce 1 est cylindrique et centrée sur l'axe de révolution X. Le corps 2 de la pièce 1 comprend par exemple une tige 3 s'étendant le long et autour de l'axe de révolution X et un piston 4 agencé sur une extrémité longitudinale de la tige 3. Le joint d'étanchéité 8 est agencé autour de la tige 3. La surface 2a du corps 2 est la surface externe du corps 2.
- [0064] L'organe 7 est par exemple une enveloppe cylindrique agencée autour de la pièce 1 et centrée sur l'axe de révolution X.
- [0065] Selon cet exemple, la pièce 1 est mobile en translation le long de l'axe de révolution X et l'organe 7 est fixe.
- [0066] Selon un autre exemple non représenté, la pièce 1 est agencée autour de l'organe 7. La surface 2a du corps 2 est alors la surface interne du corps 2 de la pièce 1.
- [0067] La couche DLC 6a présente l'avantage de ne pas entraîner de faïençage du revêtement 6. En effet, il est possible de déposer de très faibles épaisseurs de DLC ce qui permet de limiter les contraintes internes dans la couche DLC 6a.
- [0068] En outre, une telle couche présente de bonnes propriétés tribologiques. Grâce à ces nouvelles propriétés tribologiques, il est possible de limiter les frottements entre la couche DLC 6a et le joint d'étanchéité 8 et donc de réduire l'usure prématurée du revêtement 6 et du joint 8. Grâce à l'invention, la longévité de la pièce 1 est augmentée.
- [0069] Par ailleurs, grâce à la rugosité moyenne arithmétique Ra de la surface externe 2a en combinaison avec la couche DLC 6a, il est possible de limiter la corrosion marine de la pièce 1.
- [0070] Enfin, de manière très avantageuse, le dopage à l'oxyde de silicium de la couche DLC 6a permet d'augmenter l'adhésion de la couche DLC 6a avec la couche matifiante 6b. Il est donc possible de matifier la pièce 1 à l'aide d'une peinture pour garantir la discrétion de la pièce 1 lors des opérations sous-marine.
- [0071] Un procédé de fabrication de la pièce 1 va maintenant être décrit en référence à la [Fig.5].
- [0072] Le procédé comprend les étapes suivantes :
- [0073] a) fournir le corps métallique 2,
- [0074] b) former le revêtement 6 sur la surface 2a du corps métallique 2.
- [0075] L'étape b) comprend les sous étapes suivantes réalisées dans l'ordre chronologique :
- [0076] - optionnellement une sous étape b0) de dépôt de la sous couche 6c. La sous couche

6c est par exemple déposée par dépôt physique en phase vapeur (PVD);

[0077] - une sous étape b1) de dépôt de la couche DLC 6a hydrogéné. La couche DLC 6a hydrogéné est par exemple déposée par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PACVD) ;

[0078] -optionnellement une sous étape b2) de dépôt de la couche matifiante 6b.

### Exemples

[0079] Exemple 1 : test de corrosion

[0080] Trois éprouvettes (1, 2, 3) circulaires de 85 mm de diamètre et de 6 mm d'épaisseur en acier inoxydable de grade APX4 ont été réalisées. La rugosité moyenne arithmétique Ra de la surface de chaque éprouvette est inférieure à 0.1  $\mu\text{m}$ .

[0081] Sur l'éprouvette 1 une couche de carbone dopé aux carbures de tungstène (WC/C) commercialisé sous le nom BALINIT® C par la société Balzers a été déposée sur la surface de l'éprouvette par un dépôt physique en phase vapeur (PVD), notamment par évaporation par arc. L'épaisseur de la couche est de 2 $\mu\text{m}$ .

[0082] Sur les éprouvettes 2 à 3 une couche DLC hydrogéné (a-c :H) d'une épaisseur de 1.85  $\mu\text{m}$  a été déposée sur la surface des éprouvettes par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PACVD).

[0083] Ces éprouvettes ont été soumises à un test de résistance au brouillard salin pendant 1440h selon la norme NF EN ISO 9227.

[0084] Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

[0085] [Tableaux1]

Eprouvettes	Couche DLC hydrogéné (a-c :H)	Tenue à la corrosion
1	-	Non
2	+	Oui
3	+	Oui

[0086] Les éprouvettes 2 et 3 ne présentent aucune dégradation après 1440h au brouillard salin.

[0087] En revanche l'éprouvette 1 présente des piqures de corrosion dès 120h.

[0088] Ces résultats montrent que la couche DLC hydrogéné confère à la pièce une bonne résistance à la corrosion marine.

[0089] Exemple 2 : mesure de rugosité et test de corrosion

[0090] Des bagues comprenant un corps métallique présentant une rugosité moyenne arithmétique Ra telle qu'indiqué dans le tableau ci-dessous et un revêtement comprenant une couche DLC hydrogéné ont été soumises à un test d'usure pendant 6000h suivi d'un test de résistance au brouillard salin selon la norme NF EN ISO 9227

pendant 768h.

[0091] Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

[0092] [Tableaux2]

Bagues	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Tenue à la corrosion
1	0.0445	Oui
2	0.07	Oui
3	1.2	Non

[0093] Les résultats montrent que les bagues présentant une rugosité moyenne arithmétique Ra selon l'invention sont résistantes à la corrosion marine contrairement aux bagues présentant une rugosité moyenne arithmétique Ra au-delà de la valeur seuil établie par l'invention.

[0094] Exemple 3 : test d'adhésion

[0095] Des éprouvettes circulaires de 85 mm de diamètre et de 6 mm d'épaisseur en acier inoxydable de grade APX4 ont été réalisées.

[0096] Une couche DLC hydrogéné (a-c :H) dopée à l'oxyde de silicium (BALINIT® Dyllyn 180) d'une épaisseur de 1.85  $\mu\text{m}$  a été déposée sur les éprouvettes.

[0097] Une couche de peinture a été déposée sur la couche DLC.

[0098] Ces éprouvettes ont été soumises à un test de résistance au brouillard salin pendant 1440h selon la norme NF EN ISO 9227.

[0099] L'adhésion de la couche de peinture sur la couche DLC a été mesurée par essai de traction selon la norme NF EN ISO 4624 à 0h (t0) et après 1440h.

[0100] Les résultats montrent que la force d'adhésion entre la couche de peinture et la couche DLC à t0 est de 12 MPa et après 1440h de 10 MPa.

[0101] Les spécifications imposent généralement une force d'adhésion de 4 MPa. En conclusion, l'oxyde de silicium permet d'augmenter fortement l'adhésion entre la couche de peinture et la couche DLC.

[0102] Exemple 4 : observation microscope

[0103] Un échantillon de la pièce 1 en acier inoxydable de grade APX4 a été réalisé. Une sous couche de titane a été déposée puis une couche DLC hydrogéné dopée à l'oxyde de silicium d'une épaisseur de 2.2  $\mu\text{m}$  a été déposée sur l'échantillon (BALINIT® Dyllyn 180 de la société Oerlikon Balzers). L'échantillon a été coupé à la micro-tronçonneuse.

[0104] Pour faciliter l'observation de la couche DLC, une couche d'aluminium a été déposée sur l'échantillon découpé.

[0105] Les coupes micrographiques sont observées au microscope FEG Jeol JSM-7100F avec un grossissement x5000.

- [0106] Un cliché de l'observation au microscope de l'échantillon est représenté sur la [Fig.4]
- [0107] On observe la répartition des différents éléments chimiques principaux formant chaque couche. Le fer compose le corps métallique 2, le titane Ti compose la sous couche 6c, le carbone C et le silicium Si forment la couche DLC 6a hydrogéné dopée à l'oxyde de silicium. On observe que les éléments de silicium Si forment une couche en surface supérieure des éléments de carbone C.
- [0108] Les résultats montrent que la couche DLC 6a hydrogéné dopée à l'oxyde de silicium permet de favoriser l'affinité chimique entre la couche DLC 6a et la couche matifiante 6b grâce aux éléments de silicium Si. Ceci permet d'augmenter l'adhésion entre la couche DLC 6a et la couche matifiante 6b.

## Revendications

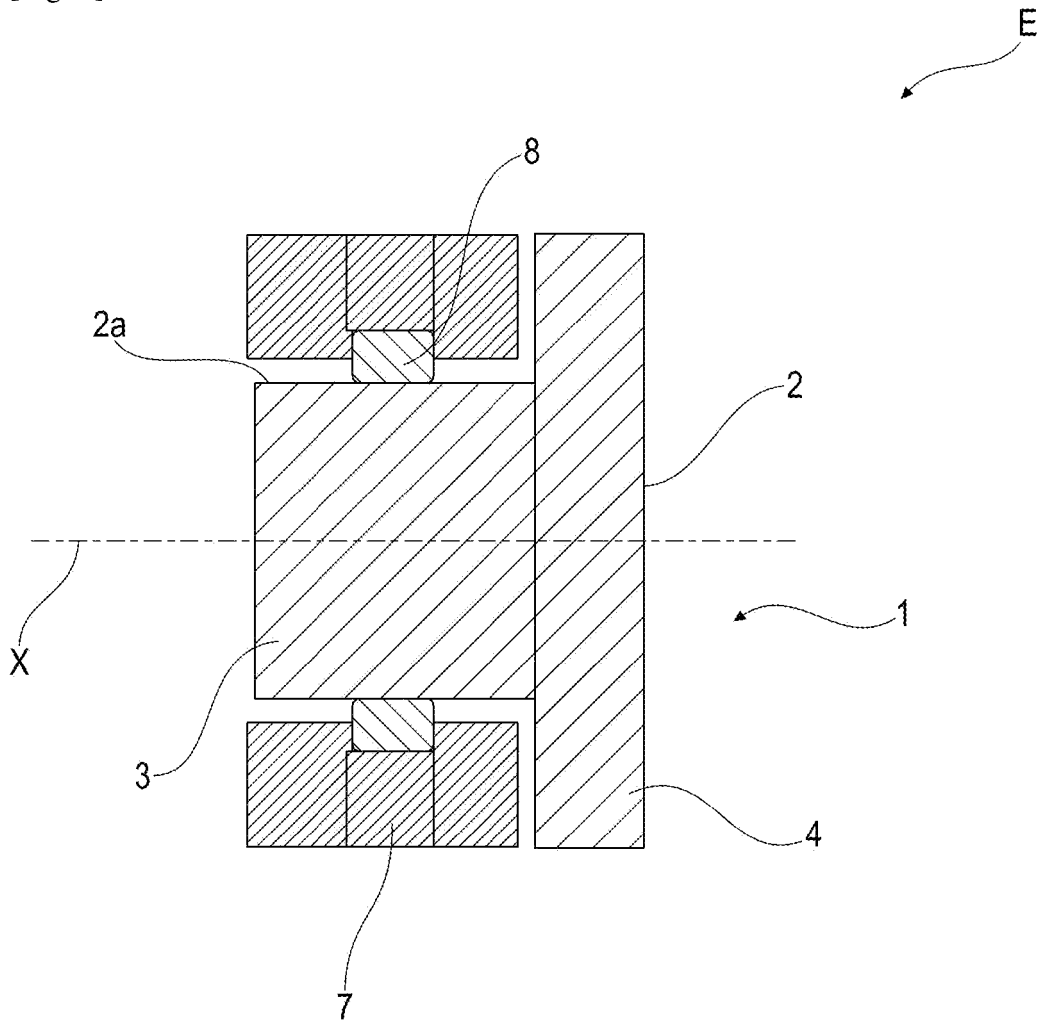
- [Revendication 1] Pièce (1), en particulier pour une installation périscopique, destinée à être immergée dans une étendue d'eau, la pièce (1) comprenant un corps métallique (2) présentant une surface (2a) et un revêtement (6) agencé sur la surface (2a), caractérisée en ce que la surface (2a) présente une rugosité moyenne arithmétique Ra inférieure ou égale à 0.1  $\mu\text{m}$ , et en ce que le revêtement (6) comprend une couche DLC (6a) hydrogénée.
- [Revendication 2] Pièce selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la rugosité moyenne arithmétique Ra est inférieure ou égale à 0.09  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 3] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la surface (2a) présente une rugosité totale Rt inférieure ou égale à 1.6  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à 1.4  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 4] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la surface (2a) présente une rugosité moyenne Rz inférieure ou égale à 1  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure ou égale à 0.9  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 5] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la couche DLC (6a) présente une épaisseur inférieure à 10  $\mu\text{m}$ , préférentiellement inférieure à 5  $\mu\text{m}$ , encore plus préférentiellement comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 6] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la couche DLC (6a) est dopée à l'oxyde de silicium.
- [Revendication 7] Pièce selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le revêtement (6) comprend une couche matifiante (6b) agencée sur au moins une partie de la couche DLC (6a).
- [Revendication 8] Pièce selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la couche matifiante (6b) comprend une peinture.
- [Revendication 9] Pièce selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisée en ce que la couche DLC (6a) présente une première partie et une seconde partie, la couche matifiante (6b) étant agencée sur la première partie et la seconde partie étant dépourvue de couche matifiante (6b) et destinée à coopérer avec un joint d'étanchéité (8).
- [Revendication 10] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le corps métallique (2) est en acier inoxydable.
- [Revendication 11] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la pièce (1) est une pièce de révolution.

[Revendication 12] Procédé de fabrication d'une pièce (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé comprenant les étapes suivantes :

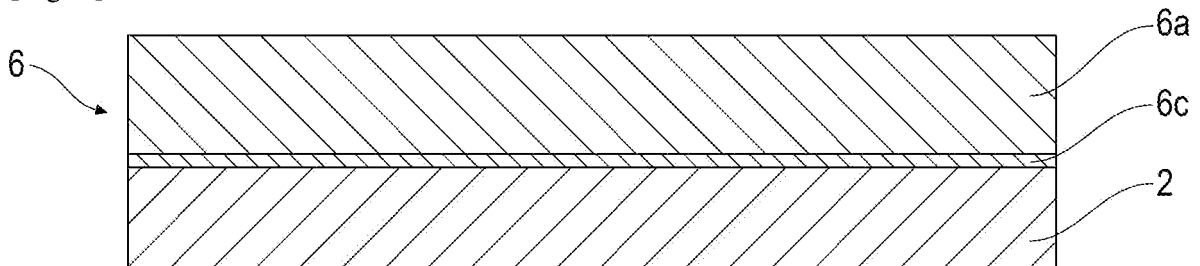
- a) fournir un corps métallique (2) présentant une surface (2a),
- b) former un revêtement (6) sur la surface (2a),

caractérisé en ce qu'à l'étape a) la surface (2a) présente une rugosité moyenne arithmétique Ra inférieure ou égale à 0.1  $\mu\text{m}$ ,  
et en ce que l'étape b) comprend une sous étape b1) de dépôt d'une couche DLC (6a) hydrogéné.

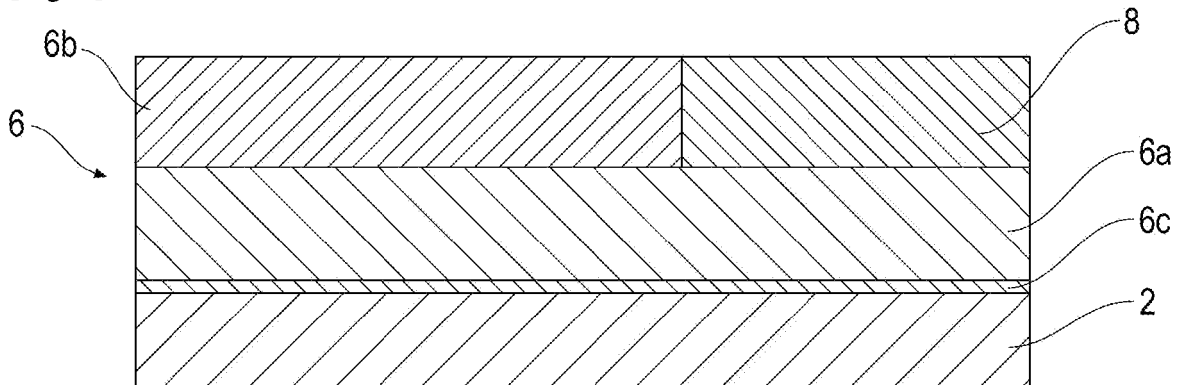
[Fig. 1]



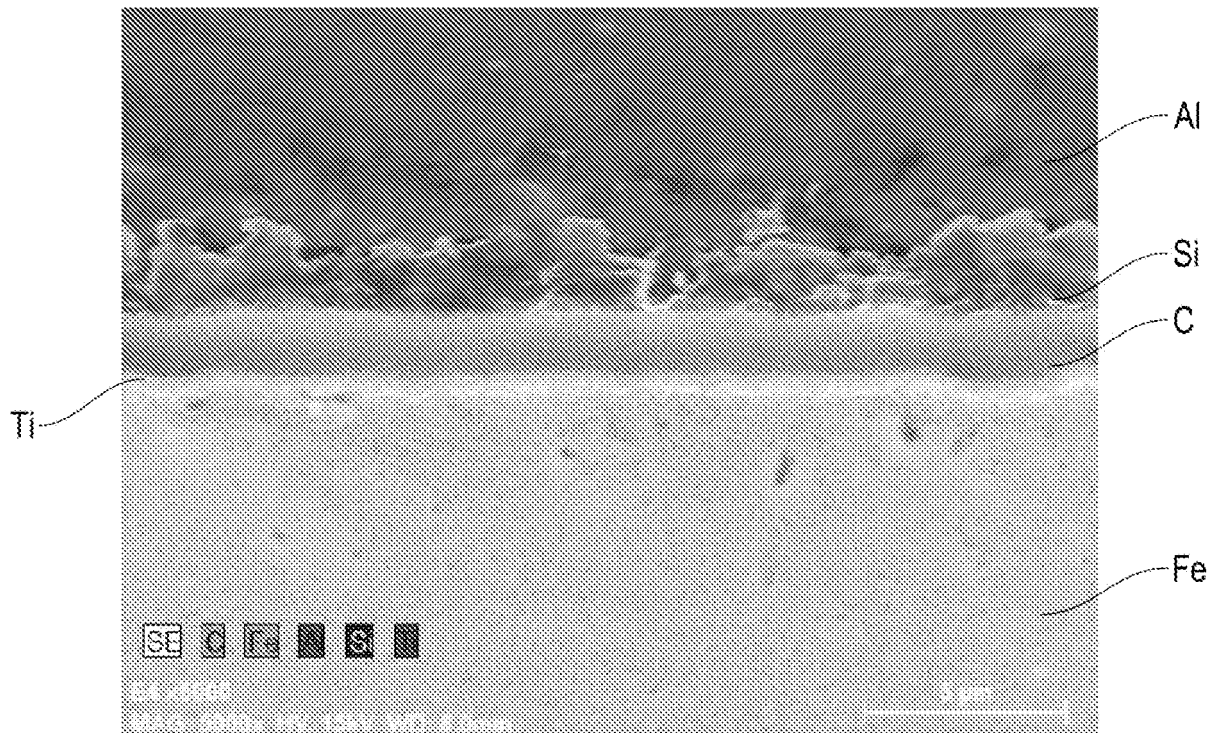
[Fig. 2]



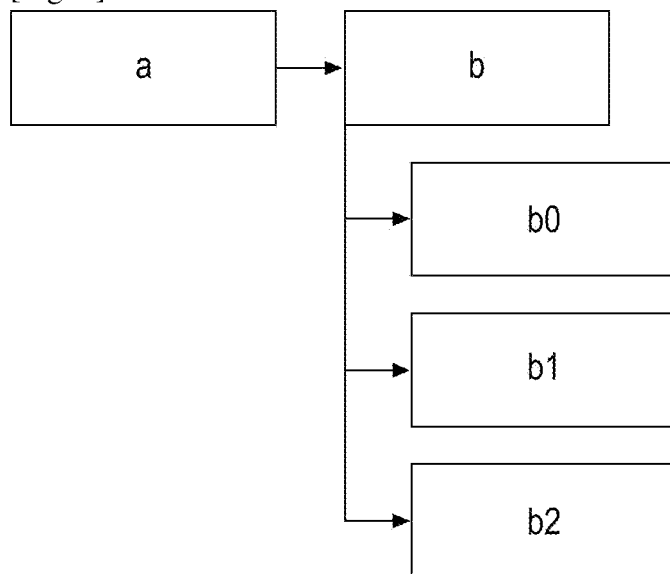
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

**FA 907777**  
**FR 2205920**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 10 344 242 B2 (HYDROMECHANIQUE & FROTTEMENT [FR]) 9 juillet 2019 (2019-07-09)	1-5, 7-12	C23C16/27 B63G8/38 C09D5/16
Y	* colonne 4, lignes 56-64; revendications 1, 4, 5; tableau 1 * * colonne 5, lignes 12-25 *	6	
X	EP 1 479 946 B1 (NISSAN MOTOR [JP]) 19 décembre 2012 (2012-12-19)	1-5, 7-12	
Y	* alinéas [0019], [0020], [0078]; exemples 2-1, 2-2 *	6	
X	US 2009/098361 A1 (SATO TAKAYASU [JP] ET AL) 16 avril 2009 (2009-04-16)	1-5, 7-12	
Y	* exemple 1; tableau 1 *	6	
X	US 8 722 197 B2 (MAURIN-PERRIER PHILIPPE [FR]; LEDRAPPIER FLORENT [FR] ET AL.) 13 mai 2014 (2014-05-13) * tableau 1 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 2015/132539 A1 (BAILEY JEFFREY R [US] ET AL) 14 mai 2015 (2015-05-14) * alinéas [0002], [0021], [0058], [0059], [0061], [0063], [0261], [0270], [0315], [0324], [0350], [0352]; revendications 1, 9, 31, 36, 33, 38, 42; exemple 5 *	1-12	C23C B63J B63G
Y	US 2016/056455 A1 (SHIBUSAWA KUNIHICO [JP]) 25 février 2016 (2016-02-25) * alinéa [0037] *	6	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>26 janvier 2023</b>		<b>Castagné, Caroline</b>	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205920 FA 907777**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-01-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>US 10344242</b>	<b>B2</b>	<b>09-07-2019</b>	<b>AU 2014294910 A1</b>	<b>17-03-2016</b>
			<b>CA 2917126 A1</b>	<b>29-01-2015</b>
			<b>CN 105492651 A</b>	<b>13-04-2016</b>
			<b>CN 113584431 A</b>	<b>02-11-2021</b>
			<b>EP 3024959 A1</b>	<b>01-06-2016</b>
			<b>ES 2897675 T3</b>	<b>02-03-2022</b>
			<b>FR 3008905 A1</b>	<b>30-01-2015</b>
			<b>HU E057103 T2</b>	<b>28-04-2022</b>
			<b>JP 6935053 B2</b>	<b>15-09-2021</b>
			<b>JP 2016528386 A</b>	<b>15-09-2016</b>
			<b>JP 2019135331 A</b>	<b>15-08-2019</b>
			<b>JP 2022003167 A</b>	<b>11-01-2022</b>
			<b>KR 20160041903 A</b>	<b>18-04-2016</b>
			<b>KR 20210047976 A</b>	<b>30-04-2021</b>
			<b>KR 20220162870 A</b>	<b>08-12-2022</b>
			<b>MA 38802 A1</b>	<b>30-06-2016</b>
			<b>PL 3024959 T3</b>	<b>31-01-2022</b>
			<b>RU 2016106092 A</b>	<b>30-08-2017</b>
			<b>SI 3024959 T1</b>	<b>28-02-2022</b>
			<b>TW 201510111 A</b>	<b>16-03-2015</b>
<b>US 2016152915 A1</b>	<b>02-06-2016</b>			
<b>WO 2015011361 A1</b>	<b>29-01-2015</b>			
<b>ZA 201600662 B</b>	<b>25-05-2022</b>			
<hr/>				
<b>EP 1479946</b>	<b>B1</b>	<b>19-12-2012</b>	<b>CN 1573177 A</b>	<b>02-02-2005</b>
			<b>EP 1479946 A2</b>	<b>24-11-2004</b>
			<b>US 2005005892 A1</b>	<b>13-01-2005</b>
<hr/>				
<b>US 2009098361</b>	<b>A1</b>	<b>16-04-2009</b>	<b>CN 101321892 A</b>	<b>10-12-2008</b>
			<b>EP 1841897 A1</b>	<b>10-10-2007</b>
			<b>JP 4735309 B2</b>	<b>27-07-2011</b>
			<b>JP 2007211309 A</b>	<b>23-08-2007</b>
			<b>US 2009098361 A1</b>	<b>16-04-2009</b>
			<b>WO 2007091139 A1</b>	<b>16-08-2007</b>
<hr/>				
<b>US 8722197</b>	<b>B2</b>	<b>13-05-2014</b>	<b>AT 502132 T</b>	<b>15-04-2011</b>
			<b>BR PI0719867 A2</b>	<b>10-06-2014</b>
			<b>CA 2665685 A1</b>	<b>24-04-2008</b>
			<b>CN 101553598 A</b>	<b>07-10-2009</b>
			<b>EP 2089560 A2</b>	<b>19-08-2009</b>
			<b>ES 2360483 T3</b>	<b>06-06-2011</b>
			<b>FR 2907470 A1</b>	<b>25-04-2008</b>
			<b>JP 5074510 B2</b>	<b>14-11-2012</b>
			<b>JP 2010507055 A</b>	<b>04-03-2010</b>
			<b>KR 20090079904 A</b>	<b>22-07-2009</b>
			<b>MY 153143 A</b>	<b>31-12-2014</b>

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2205920 FA 907777**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-01-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		<b>PL 2089560 T3</b>	<b>30-09-2011</b>
		<b>RU 2009118949 A</b>	<b>27-11-2010</b>
		<b>SI 2089560 T1</b>	<b>29-07-2011</b>
		<b>TW 200835807 A</b>	<b>01-09-2008</b>
		<b>US 2010095923 A1</b>	<b>22-04-2010</b>
		<b>WO 2008047044 A2</b>	<b>24-04-2008</b>
-----			
<b>US 2015132539 A1</b>	<b>14-05-2015</b>	<b>AUCUN</b>	
-----			
<b>US 2016056455 A1</b>	<b>25-02-2016</b>	<b>JP WO2014163038 A1</b>	<b>16-02-2017</b>
		<b>TW 201442326 A</b>	<b>01-11-2014</b>
		<b>US 2016056455 A1</b>	<b>25-02-2016</b>
		<b>WO 2014163038 A1</b>	<b>09-10-2014</b>
-----			

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82