

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.01.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.07.24 Bulletin 24/30.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SOCIETE PARISIENNE DE PRO-
DUITS ET MATERIAUX Société à responsabilité limitée
— FR.

72 Inventeur(s) : DUTHOIT Alexis, HARLE Thibault et
RICHARD-DU PERRON Fabien.

73 Titulaire(s) : SOCIETE PARISIENNE DE PRODUITS
ET MATERIAUX Société à responsabilité limitée.

74 Mandataire(s) : CASALONGA.

54 Dispositif d'étanchéité fusible.

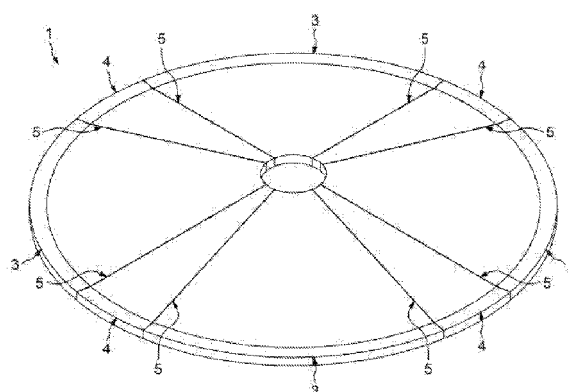
57 Dispositif d'étanchéité destiné à étanchéifier un joint
formé par deux éléments d'assemblage (2) adjacents,
comprenant :

une couche de remplissage (11) destinée à être posi-
tionnée dans un intervalle (7) formé par le joint entre les
deux éléments d'assemblage (2) ;

un revêtement d'étanchéité (12) disposé au-dessus de
la couche de remplissage (11) et destiné à s'étendre en
outre au moins partiellement en surface des éléments d'as-
semblage (2) de part et d'autre de l'intervalle (7), le revête-
ment d'étanchéité comprenant une couche de stratification
(13) comportant au moins un matériau thermodurcissable
ou thermoplastique comportant des fibres de verre de lon-
gueur inférieure ou égale à 150 mm, le revêtement d'étan-
chéité présentant un allongement à la rupture maximal
ε_{max}, exprimé en % ;

la couche de remplissage (11) présentant un allonge-
ment à la rupture inférieur ou égal à l'allongement à la rup-
ture du revêtement d'étanchéité (12).

Figure pour l'abrégé : Fig 1



Description

Titre de l'invention : Dispositif d'étanchéité fusible

- [0001] La présente demande se rapporte à un dispositif d'étanchéité pour l'étanchéification d'un joint formé par l'assemblage de deux éléments d'assemblage adjacents permettant l'obtention d'un mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage lors de l'application d'une force, par exemple dans une situation accidentelle.
- [0002] En particulier, l'invention concerne une coupole de digesteur comprenant un tel dispositif d'étanchéité en vue de l'obtention d'un désaffleurement lors de la survenue d'une surpression accidentelle au sein du digesteur.
- [0003] Un digesteur ou réacteur à biogaz désigne un ouvrage permettant de former du méthane à partir de diverses matières organiques qui peut ensuite être utilisé comme source d'énergie.
- [0004] Généralement, l'ouvrage en béton comprend une cuve cylindrique de grandes dimensions permettant de contenir des boues organiques en décomposition surmontée d'une coupole fermant la cuve.
- [0005] Lors de l'exploitation, certains digesteurs fonctionnent à des températures allant de 35°C à 55°C et à une surpression pouvant atteindre les 40 mbar. L'atmosphère à l'intérieur de l'ouvrage est explosive et il demeure un risque d'augmentation importante de la pression, conduisant à un effet « cocotte-minute » et finalement d'une explosion et de la rupture brutale du béton qui s'accompagne de projection de blocs de béton aux alentours.
- [0006] Afin d'éviter un tel scénario d'accident, il existe des systèmes de soupape. Toutefois, il est arrivé que ces systèmes ne fonctionnent pas correctement.
- [0007] Par ailleurs, compte tenu de l'agressivité du ciel gazeux présent au sein de l'ouvrage et afin de protéger le béton, il convient d'appliquer un revêtement anti-corrosion sur la face intérieure de la coupole et de la cuve en retombées verticales en voile jusque sous le niveau des boues.
- [0008] De plus, les règles de l'art concernant la construction des réservoirs en béton imposent, pour la protection contre les ciels gazeux, que le revêtement anti-corrosion soit un revêtement d'étanchéité et non un revêtement d'imperméabilisation.
- [0009] La présente invention a donc pour but de pallier les inconvénients précités en proposant un ouvrage, tel qu'un digesteur, pourvu d'un traitement d'étanchéité et permettant un dégazage efficace lors d'un événement de surpression afin d'éviter tout risque d'explosion.
- [0010] Selon un aspect de l'invention, il est donc proposé un dispositif d'étanchéité destiné à étanchéifier un joint formé par deux éléments d'assemblage adjacents, comprenant :
- [0011] une couche de remplissage destinée à être positionnée dans un intervalle formé par le

joint entre les deux éléments d'assemblage ; et

- [0012] un revêtement d'étanchéité disposé au-dessus de la couche de remplissage et destiné à s'étendre en outre au moins partiellement en surface des éléments d'assemblage de part et d'autre de l'intervalle, le revêtement d'étanchéité comprenant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique comportant des fibres de verre de longueur inférieure ou égale à 150 mm, le revêtement d'étanchéité présentant un allongement à la rupture maximal ε_{max} exprimé en %, avec :

$$[0013] \quad \varepsilon_{max} = \frac{\sqrt{D_{max}^2 + l_0^2 - 2 \times D_{max} \times l_0 \times \cos \gamma} - l_0}{l_0} \times 100$$

- [0014] où D_{max} , exprimé en mm, est un mouvement relatif maximal admis avant rupture entre les deux éléments d'assemblage adjacents, l_0 , exprimé en mm, est une largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage adjacents, et $\cos \gamma$, sans unité, est le cosinus de l'angle formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage adjacents ;

- [0015] la couche de remplissage présentant un allongement à la rupture inférieur ou égal à l'allongement à la rupture du revêtement d'étanchéité.

- [0016] Lorsque le mouvement relatif éloigne les deux éléments d'assemblage adjacents, l'angle γ est $> 90^\circ$. Lorsque le mouvement relatif rapproche les deux éléments d'assemblage adjacents, l'angle γ est $< 90^\circ$. Lorsque le mouvement relatif est perpendiculaire à la largeur du joint, l'angle γ est $= 90^\circ$.

- [0017] Dans un mode de réalisation, l'allongement à la rupture de la couche de remplissage et l'allongement à la rupture du revêtement d'étanchéité peuvent être considérés à température ambiante, par exemple 23°C .

- [0018] L'allongement à la rupture est mesuré selon les normes NF EN ISO 527-4, NF EN ISO 527-2 et NF ISO 527-1.

- [0019] L'allongement à la rupture des résines incorporant une armature en verre est mesuré à partir de la norme NF EN ISO 527-4. L'allongement à la rupture des résines seules, non armées, est mesuré à partir de la norme NF EN ISO 527-2. La norme NF EN ISO 527-1 donne les principes généraux et vient compléter les normes NF EN ISO 527-2 et NF EN ISO 527-4.

- [0020] Dans un mode de réalisation, le revêtement d'étanchéité peut présenter un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3%.

- [0021] Dans un mode de réalisation, la couche de remplissage peut présenter un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.

- [0022] Dans un mode de réalisation, le revêtement d'étanchéité peut présenter un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3% et la couche de remplissage peut présenter un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.

- [0023] Selon un mode de réalisation, la couche de remplissage peut comprendre un enduit comportant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique et présentant une viscosité supérieure ou égale à 250 000 mPa.s à 20°C. La couche de remplissage peut alors être appliquée sur la face intérieure de la coupole 1 en forte épaisseur sans qu'elle ne tombe ou coule vers le bas.
- [0024] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit présente une viscosité allant de 250 000 à 700 000 mPa.s à 20°C. La viscosité est mesurée à partir d'un viscosimètre à rotation. L'appareil utilisé est un viscosimètre Brookfield RVDV-I PRIME. Les normes employées sont la NF EN ISO 3219 et NF EN ISO 2555.
- [0025] Le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit peut comporter au moins un agent rhéologique.
- [0026] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit comporte au moins un agent rhéologique choisi parmi : des charges minérales telles que la silice, des charges synthétiques telles que des fibres polyéthylène, des charges organiques telles que la farine de bois, des charges métalliques, des additifs organiques, ou un mélange de ceux-ci.
- [0027] Selon un mode de réalisation, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit comprend une résine époxy.
- [0028] Selon un exemple, l'enduit peut comprendre une résine époxy incorporant de la silice.
- [0029] De préférence, l'épaisseur de l'enduit de la couche de remplissage est comprise entre 5 et 20 mm, de préférence comprise entre 10 et 15 mm.
- [0030] De préférence, les fibres de verre de la couche de stratification sont présentes sous la forme d'un mat de verre, de préférence un mat de verre ayant un grammage de 300 g/m².
- [0031] Avantageusement, la couche de stratification peut comporter une première sous-couche de résine époxy disposée au-dessus de la couche de remplissage, un mat de verre disposé sur la première sous-couche et une deuxième sous-couche de résine époxy disposée au-dessus du mat de verre.
- [0032] Avantageusement, le revêtement d'étanchéité peut comprendre une couche de finition disposée au-dessus de la couche de stratification.
- [0033] De préférence, la couche de finition présente des propriétés de résistance chimique adaptée aux effluents présents dans l'environnement du dispositif d'étanchéité, ou présents dans un ouvrage comprenant le dispositif d'étanchéité. Par exemple, la couche de finition présente des propriétés anti-corrosion.
- [0034] Selon un mode de réalisation, la couche de finition peut comporter au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique.

- [0035] Selon un mode de réalisation, la couche de finition peut comporter au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique incorporant au moins un agent rhéologique.
- [0036] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de la couche de finition incorpore des charges et/ou au moins un agent rhéologique choisis parmi : des charges minérales telles que la silice, des charges synthétiques telles que des fibres polyéthylène, des charges organiques telles que la farine de bois, des charges métalliques, des additifs organiques, ou un mélange de ceux-ci.
- [0037] De préférence, le dispositif d'étanchéité comprend une couche de support, par exemple un fond de joint, destinée à être positionnée dans l'intervalle au-dessous de la couche de remplissage. La couche est, par exemple en mousse polyuréthane.
- [0038] Selon un mode de réalisation, le revêtement d'étanchéité présente, à une température de 55°C, un allongement à la rupture maximal $\epsilon_{\max}$ exprimé en %, avec :
- [0039]
$$\epsilon_{\max} = \frac{\sqrt{D_{\max}^2 + l_0^2 - 2 \times D_{\max} \times l_0 \times \cos \gamma} - l_0}{l_0} \times 100$$
- [0040] où $D_{\max}$, exprimé en mm, est un mouvement relatif maximal admis avant rupture entre les deux éléments d'assemblage adjacents, l_0 , exprimé en mm, est une largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage adjacents, et $\cos \gamma$, sans unité, est le cosinus de l'angle formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage adjacents.
- [0041] Dans un mode de réalisation, le revêtement d'étanchéité peut présenter, à une température de 55°C, un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3%.
- [0042] Dans un mode de réalisation, la couche de remplissage peut présenter, à une température de 55°C, un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.
- [0043] Dans un mode de réalisation, à une température de 55°C, le revêtement d'étanchéité peut présenter un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3% et la couche de remplissage peut présenter un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.
- [0044] L'invention concerne également un système comprenant au moins deux éléments d'assemblage adjacents formant un joint et un dispositif d'étanchéité dudit joint comme décrit précédemment.
- [0045] Selon une caractéristique, l'intervalle peut comporter des bords biseautés formant une rainure débouchant à la surface des éléments d'assemblage.
- [0046] Dans un mode de réalisation, les éléments d'assemblage peuvent être en béton.
- [0047] Avantagusement, le système peut comprendre une pluralité d'éléments d'assemblage répartis en des premiers ensembles d'éléments d'assemblage et des deuxièmes ensembles d'éléments d'assemblage comportant un nombre inférieur d'éléments d'assemblage par rapport auxdits premiers ensembles, lesdits premier et

deuxième ensembles étant disposés en alternance.

- [0048] L'invention se rapporte également à une coupole destinée à fermer une cuve de digesteur, comprenant une pluralité d'éléments d'assemblage adjacents chacun formé par un pétale s'étendant radialement entre le centre de la coupole et la périphérie de la coupole, et comprenant un nombre pair de dispositifs d'étanchéité comme décrits précédemment, étanchéifiant chacun deux éléments d'assemblage adjacents de la pluralité d'éléments d'assemblage pour l'obtention d'un mouvement relatif entre les éléments d'assemblage adjacents formant un joint étanchéifié par ledit dispositif d'étanchéité en situation de surpression accidentelle au sein du digesteur.
- [0049] Avantageusement, chaque élément d'assemblage peut comporter une face extérieure et une face intérieure opposée, l'ensemble des faces intérieures des éléments d'assemblage formant une face intérieure de la coupole destinée à être positionnée en regard de l'intérieur du digesteur, la face intérieure de la coupole étant revêtu d'un revêtement d'étanchéité disposé en continuité avec le revêtement d'étanchéité du dispositif d'étanchéité.
- [0050] L'invention concerne également un procédé d'obtention d'un dispositif d'étanchéité comme décrit précédemment, comprenant une étape de formation de la couche de remplissage et une étape de formation du revêtement d'étanchéité, l'étape de formation de la couche de remplissage et/ou l'étape de formation du revêtement d'étanchéité étant réalisée au moins en partie par projection à partir d'une machine à projection.
- [0051] D'autres caractéristiques, aspects et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée de quatre modes de réalisation de l'invention, nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :
- [0052] [Fig.1] représente une coupole de digesteur formée par une pluralité de pétales selon un mode de réalisation conforme à l'invention ;
- [0053] [Fig.2] représente un pétale de la coupole illustrée à la [Fig.1] ;
- [0054] [Fig.3] représente un assemblage de deux pétales tels qu'illustrés à la [Fig.2], comprenant un dispositif d'étanchéité selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0055] [Fig.4] illustre un dispositif d'étanchéité selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0056] [Fig.5A] et [Fig.5B] illustrent le mouvement relatif entre deux éléments d'assemblage adjacents s'éloignant.
- [0057] [Fig.6A] et [Fig.6B] illustrent le mouvement relatif entre deux éléments d'assemblage adjacents se rapprochant.
- [0058] Dans ce qui va suivre, les bornes d'un domaine de valeurs sont comprises dans ce domaine, notamment dans les expressions « compris entre » et « allant de... à ... ».
- [0059] Par ailleurs, l'expression « au moins un » utilisée dans la présente description est équivalente à l'expression « un ou plusieurs ».
- [0060] L'exemple développé ci-après se rapporte à un digesteur ou réacteur à biogaz destiné

à la formation de méthane à partir de boues organiques en décomposition. Le digesteur comporte une cuve cylindrique fermée par une coupole 1 illustrée à la [Fig.1].

- [0061] La coupole 1 illustrée comprend une pluralité d'éléments d'assemblage 2 en béton.
- [0062] Avantageusement, la coupole 1 comprend des premiers ensembles 3 d'éléments d'assemblage et des deuxièmes ensembles 4 d'éléments d'assemblage comportant un nombre inférieur d'éléments d'assemblage 2 par rapport aux premiers ensembles 3. Les premiers et deuxièmes ensembles 3, 4 sont disposés en alternance.
- [0063] Dans l'exemple illustré, chaque élément d'assemblage 2 est formé par un pétale, illustré à la [Fig.2], qui s'étend radialement depuis le centre de la coupole jusqu'à la périphérie de la coupole.
- [0064] La forme générale des pétales est triangle isocèle sphérique.
- [0065] La coupole 1 forme une corolle comportant un total de cinquante-six pétales. Quatre premiers ensembles 3 comportent chacun douze pétales et quatre deuxièmes ensembles 4 comportent chacun deux pétales.
- [0066] De préférence, les éléments d'assemblage 2 adjacents sont liaisonnés deux à deux par des armatures en acier, à l'exception des jonctions entre deux éléments d'assemblage 2 dont l'un appartient à l'un des premiers ensembles 3 et l'autre appartient à l'un des deuxièmes ensembles 2. Les premiers et deuxièmes ensembles 3, 4 d'éléments d'assemblage ne sont pas liaisonnés entre eux.
- [0067] Dans l'exemple illustré, huit jonctions 5 entre un élément d'assemblage 2 de premier ensemble 3 et un élément d'assemblage 2 de deuxième ensemble 4 ne sont pas liaisonnées et forment ainsi un joint sec.
- [0068] En outre, la coupole 1 comporte une pluralité de dispositifs d'étanchéité 6 destinés à étanchéifier un joint formé entre un élément d'assemblage 2 de premiers ensemble 3 et un élément d'assemblage 2 de deuxième ensemble 4 adjacents.
- [0069] Avantageusement, la coupole 1 comporte un nombre pair de dispositifs d'étanchéité 6.
- [0070] Dans l'exemple illustré, la coupole 1 comporte huit dispositifs d'étanchéité 5 chacun positionné dans l'une des huit jonctions 5 entre un élément d'assemblage 2 de premiers ensemble 3 et un élément d'assemblage 2 de deuxième ensemble 4.
- [0071] La [Fig.3] illustre une jonction 5 entre un élément d'assemblage 2 de premier ensemble 3 et un élément d'assemblage 2 de deuxième ensemble 4.
- [0072] Dans ce mode de réalisation, les deux éléments d'assemblage 2 adjacents sont séparés par un intervalle 7.
- [0073] Dans l'exemple illustré, les deux éléments d'assemblage 2 adjacents comprennent chacun une première face 2a formant la partie courante de l'ouvrage. Les premières faces 2a sont disposées de part et d'autre de l'intervalle 7 à la surface des éléments d'assemblage 2.

- [0074] Dans l'exemple illustré, les premières faces 2a sont des faces intérieures positionnées en regard de l'intérieur du digesteur.
- [0075] Des quatrièmes faces 2d, opposées aux premières faces 2a sont positionnées vers l'extérieur du digesteur.
- [0076] De plus, les deux éléments d'assemblage 2 adjacents comprennent chacun une deuxième face 2b disposée en regard de l'intervalle 7. Les deuxièmes faces 2b sont positionnées en vis-à-vis.
- [0077] Des bords biseautés 2c sont également ménagés dans l'intervalle 7 de façon à former une rainure débouchant d'une part sur les premières faces 2a et d'autre part sur les deuxièmes faces 2b.
- [0078] La présence de bords biseautés 2c permet d'améliorer la résistance mécanique du béton.
- [0079] Dans l'exemple illustré, les deux éléments d'assemblage 2 adjacents comprennent chacun un épaulement 8 débouchant d'une part sur les deuxièmes faces 2b et d'autre part sur les quatrièmes faces 2d.
- [0080] La cohésion entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents est créée par deux blocs de béton 9a et 9b adjacents supplémentaires disposés dans les épaulements 8 et maintenus l'un contre l'autre par compression. Leur jonction 10 s'étend dans un plan passant par l'intervalle 7.
- [0081] La jonction 10 entre les blocs de béton 9a et 9b est formée par un joint sec, c'est-à-dire non liaisonné.
- [0082] En référence à la [Fig.4], le dispositif d'étanchéité 6 destiné à étanchéifier le joint formé entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents est un dispositif d'étanchéité fusible.
- [0083] Par dispositif d'étanchéité fusible, on entend un dispositif d'étanchéité capable de rompre lors de l'application d'une force qui, dans l'exemple illustré, est associée à une situation de surpression accidentelle, et qui, en rompant permet la formation d'un mouvement relatif entre deux éléments d'assemblage 2 adjacents.
- [0084] Par mouvement relatif, on entend un mouvement de l'un des éléments d'assemblages 2 par rapport à l'autre des deux éléments d'assemblage 2 adjacents, conduisant à un décalage entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents.
- [0085] Dans l'exemple illustré, le mouvement relatif se traduit par un désaffleurement, obtenu par le soulèvement des pétales de la coupole 1.
- [0086] Le dispositif d'étanchéité 6 comprend une couche de remplissage 11 positionnée dans l'intervalle 7.
- [0087] De préférence, la couche de remplissage 11 s'étend jusqu'en surface de l'intervalle 7 de façon à former une continuité avec les premières faces 2a des éléments d'assemblage 2 adjacents, c'est-à-dire jusqu'au plan horizontal passant par les

premières faces 2a des éléments d'assemblage 2 adjacents.

[0088] De préférence, une couche de support 15 fond de joint 15 est positionnée dans l'intervalle 7 au-dessous de la couche de remplissage 11.

[0089] Dans l'exemple illustré, la couche de support est un fond de joint est une mousse polyuréthane. La mousse polyuréthane peut être arasée à la hauteur voulue, afin de contrôler précisément l'épaisseur de l'enduit de la couche de remplissage 11 appliquée sa surface.

[0090] La couche de support 15 permet avantageusement de contrôler plus aisément l'épaisseur de la couche de remplissage 11 dans l'intervalle 7.

[0091] Un revêtement d'étanchéité 12 s'étend au-dessus de la couche de remplissage 11 et de part et d'autre de l'intervalle 7, en surface des éléments d'assemblage 2.

[0092] De préférence, le revêtement d'étanchéité 12 est positionné directement sur la couche de remplissage 11.

[0093] Le revêtement d'étanchéité 12 présente un allongement à la rupture maximal $\epsilon_{\max}$, exprimé en %, avec :

$$[0094] \quad \epsilon_{\max} = \frac{\sqrt{D_{\max}^2 + l_0^2 - 2 \times D_{\max} \times l_0 \times \cos \gamma} - l_0}{l_0} \times 100$$

[0095] où $D_{\max}$, exprimé en mm, est le mouvement relatif maximal admis avant rupture entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents. l_0 , exprimé en mm, est la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage adjacents. De plus, $\cos \gamma$, sans unité, est le cosinus de l'angle γ formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents.

[0096] Dans l'exemple illustré, l'angle γ formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents est égal à l'angle formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage adjacents et le plan passant par le revêtement d'étanchéité 12.

[0097] Les figures 5A et 6A illustrent un mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage 2 adjacents.

[0098] Comme cela est illustré à la [Fig.5A], lorsque l'un des deux éléments adjacents 2, référencé B, est en mouvement par rapport à l'autre, référencé A et fixe, le mouvement relatif peut éloigner les deux éléments d'assemblage 2 adjacents, et l'angle γ représenté à la [Fig.5B] est alors supérieur à 90° .

[0099] Comme cela est illustré à la [Fig.6A], lorsque l'un des deux éléments adjacents 2, référencé B, est en mouvement par rapport à l'autre, référencé A et fixe, le mouvement relatif peut rapprocher les deux éléments d'assemblage 2 adjacents, et l'angle γ représenté à la [Fig.6B] est alors inférieur à 90° .

- [0100] Lorsque le mouvement relatif est perpendiculaire à la largeur du joint l_0 , l'angle γ est égal à 90° .
- [0101] Dans l'exemple illustré, le mouvement relatif se traduit par un désaffleurement, obtenu par le soulèvement des pétales de la coupole 1 selon lequel, lorsque l'un des deux éléments adjacents 2 est en mouvement par rapport à l'autre, le mouvement relatif est sensiblement perpendiculaire à la largeur du joint, avec un angle γ sensiblement égal à 90° .
- [0102] La couche de remplissage 11 présente un allongement à la rupture inférieur ou égal à l'allongement à la rupture du revêtement d'étanchéité 12.
- [0103] Avantageusement, le revêtement d'étanchéité 12 peut présenter un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3%.
- [0104] Avantageusement, la couche de remplissage 11 peut présenter avantageusement un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.
- [0105] L'allongement à la rupture définit la capacité d'un matériau à s'allonger avant de rompre lorsqu'il est sollicité en traction.
- [0106] Dans la présente invention, l'allongement ou déformation à la rupture est mesuré par des essais de traction selon la norme NF EN ISO 527-4.
- [0107] Dans l'exemple illustré, la couche de remplissage 11 comprend un enduit comportant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique.
- [0108] De préférence, l'enduit présente une viscosité supérieure ou égale à 250 000 mPa.s. A partir de 250 000 mPa.s l'enduit est, avantageusement, suffisamment visqueux pour être appliqué sur une surface. L'enduit peut ainsi être appliqué sur la face intérieure de la coupole 1 en forte épaisseur sans qu'il ne tombe ou coule vers le bas.
- [0109] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit présente une viscosité allant de 250 000 à 700 000 mPa.s à 20°C . Au-delà de 700 000 mPa.s est très visqueuse de sorte que l'enduit est difficile à appliquer.
- [0110] Par viscosité, on entend la viscosité dynamique du matériau thermodurcissable ou thermoplastique mesurée à 20°C à partir d'un viscosimètre à rotation.
- [0111] Selon un exemple, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit peut être une résine époxy. Le matériau thermodurcissable ou thermoplastique, tel que la résine époxy, peut incorporer au moins un agent rhéologique.
- [0112] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit comporte au moins un agent rhéologique choisi parmi : des charges minérales telles que la silice, des charges synthétiques telles que des fibres polyéthylène, des charges organiques telles que la farine de bois, des charges métalliques, des additifs organiques, ou un mélange de ceux-ci.
- [0113] Dans l'exemple illustré, l'enduit comprend une résine époxy incorporant de la silice et présente un allongement à la rupture de 0,56%.

- [0114] Par enduit, on entend un matériau comprenant un liant ou colle et au moins une charge.
- [0115] On pourra prévoir que le matériau thermodurcissable ou thermoplastique incorpore des charges minérales autre que la silice, d'autres agents rhéologiques ou leurs mélanges.
- [0116] Selon un exemple, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de l'enduit peut être choisi parmi le diglycidyl éther de bisphénol A (DGEBA), le diglycidyl éther de bisphénol F (DGEBF) et leurs mélanges.
- [0117] Dans l'exemple illustré, le revêtement d'étanchéité 12 comporte une première couche, nommée ci-après couche de stratification 13, comportant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique comportant des fibres de verre courtes, de longueur inférieure ou égale à 150 mm.
- [0118] Selon un exemple de réalisation, la couche de stratification 13 peut comporter au moins une résine époxy.
- [0119] Avantagusement, la couche de stratification 13 en matériau thermodurcissable ou thermoplastique comportant des fibres de verre peut comporter une première sous-couche de résine époxy disposée au-dessus de la couche de remplissage 11, un mat de verre disposé sur la première sous-couche et une deuxième sous-couche de résine époxy disposée au-dessus du mat de verre.
- [0120] La première sous-couche de résine époxy et la deuxième sous-couche de résine époxy permettent, respectivement, d'imprégner puis de saturer les fibres du mat de verre.
- [0121] Par mat de verre, on entend une toile formée par l'agglomération de fibres de verre courtes sans tissage et ni orientation particulière liées entre elles par un liant qui, dans l'exemple illustré, est une résine époxy.
- [0122] De préférence, la longueur des fibres de verre du mat de verre est comprise entre 20 et 40 mm.
- [0123] La discontinuité des fibres de verre courtes de 150 mm maximum permet de former un matériau fragile, et l'obtention d'une rupture assez rapide après une faible déformation, contrairement aux fibres longues qui ont tendance à s'aligner lors d'une sollicitation en traction formant un matériau plus ductile.
- [0124] De préférence, les fibres de verre de la couche de stratification 13 sont présentes sous la forme d'un mat de verre, de préférence un mat de verre ayant un grammage de 300 g/m². Une telle épaisseur rend le mat de verre à la fois suffisamment déformable et cassant.
- [0125] De préférence, le revêtement d'étanchéité 12 comprend une deuxième couche, nommée ci-après couche de finition 14, disposée au-dessus de la couche de stratification 13.

- [0126] De préférence, la couche de finition 14 présente des propriétés physico-chimiques lui permettent de rester en contact avec le contenu potentiellement agressif et corrosif de la cuve du digesteur tel que des boues, des produits chimiques, etc.
- [0127] A cet égard, la couche de finition 14 présente, avantageusement, des propriétés de résistance chimique adaptée aux effluents présents dans le digesteur, par exemple des propriétés anti-corrosion.
- [0128] Dans un exemple de réalisation, la couche de finition 14 peut comporter au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique incorporant des charges présentant des propriétés de résistance chimique adaptée aux effluents présents dans le digesteur.
- [0129] A cet égard, selon un mode de réalisation, la couche de finition 14 peut comporter au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique incorporant des charges.
- [0130] Certaines charges incorporées au matériau thermodurcissable ou thermoplastique peuvent former un agent rhéologique en présentant des propriétés permettant de contrôler la viscosité du matériau thermodurcissable ou thermoplastique.
- [0131] De préférence, le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de la couche de finition 14 incorpore des charges et/ou au moins un agent rhéologique choisis parmi : des charges minérales telles que la silice, des charges synthétiques telles que des fibres polyéthylène, des charges organiques telles que la farine de bois, des charges métalliques, des additifs organiques, ou un mélange de ceux-ci.
- [0132] Selon un exemple de réalisation, la couche de finition 14 comporte une résine époxy incorporant de la silice.
- [0133] La présence de charges, telles que de la silice, dans le matériau thermodurcissable ou thermoplastique de la couche de finition 14 permet en outre d'améliorer l'adhérence à la couche de stratification 13.
- [0134] La présence d'agent rhéologique permet d'appliquer la couche de finition 14 sur la face intérieure de la coupole 1 sans coulure.
- [0135] Dans l'exemple illustré, la face intérieure de la coupole 1 est revêtue, sur la partie courante, c'est-à-dire sur les premières faces de chaque élément d'assemblage 2 formant la coupole, de part et d'autre du revêtement d'étanchéité 12 du dispositif d'étanchéité 6, d'un revêtement d'étanchéité 16.
- [0136] Selon un exemple, revêtement d'étanchéité 16 de la partie courante peut comprendre une couche de stratification 17 et une couche de finition 18.
- [0137] La couche de stratification 17 peut comprendre un matériau thermodurcissable ou thermoplastique, par exemple une résine époxy, incorporant une armature, par exemple un tissu, de verre multi axial ou renfort de verre non tissé bi diagonal.
- [0138] La couche de finition 18 peut comprendre un matériau thermodurcissable ou thermoplastique présentant des propriétés anti-corrosion visant à protéger les éléments d'assemblage 2 de l'atmosphère corrosive à l'intérieur du digesteur.

- [0139] Dans l'exemple illustré, le dispositif d'étanchéité 6 comporte un revêtement d'étanchéité 12 présentant un allongement à la rupture maximal $\epsilon_{\max}$ et une couche de remplissage 11 présentant un allongement à la rupture inférieur ou égal à celui du revêtement d'étanchéité. La couche de remplissage 11 et le revêtement d'étanchéité 12 d'un tel dispositif d'étanchéité 6 sont fragiles et donc cassants.
- [0140] Ainsi, le dispositif d'étanchéité 6 qui est cassant et peu déformable est apte à se rompre rapidement par rupture nette dans la largeur du joint sous l'action d'une force ou sollicitation suffisante qui, dans l'exemple illustré, est correspondant à une surpression accidentelle survenant au sein du digesteur.
- [0141] Avantagusement, la couche de remplissage 11 peut présenter un allongement à la rupture inférieur à celui du revêtement d'étanchéité 12 de sorte que la couche de remplissage 11 amorce la rupture du dispositif d'étanchéité 6.
- [0142] De plus, compte tenu de la présence de fibres de verres courtes dans le revêtement d'étanchéité 12, leur rupture initie et facilite la rupture rapide du revêtement d'étanchéité 12.
- [0143] Avantagusement, le dispositif d'étanchéité 6 se rompt entre 0 et 8 mm de déplacement des éléments d'assemblage 2.
- [0144] Dans l'exemple illustré, le digesteur fonctionne à 55°C et le dispositif d'étanchéité 6 comporte une couche de remplissage 11 et un revêtement d'étanchéité 12 présentant, respectivement, un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3% et compris entre 0,1 à 0,75%, à une température de 55°C.
- [0145] Avantagusement, l'épaisseur de l'enduit de la couche de remplissage 11 est comprise entre 5 et 20 mm, de préférence supérieure à 5 mm et inférieure à 20 mm, et plus préférentiellement encore comprise entre 10 et 15 mm.
- [0146] Pour une épaisseur d'enduit inférieure à 5 mm, la couche de remplissage 11 n'est pas suffisamment cassante et il y a un risque de rupture par pelage.
- [0147] Par pelage, on entend le décollement du dispositif d'étanchéité 6.
- [0148] Lorsque la couche de remplissage 11 n'est pas assez cassante, et sa capacité de déformation avant rupture est donc trop grande. Il n'y a pas rupture et la couche se décolle. Lorsque le dispositif d'étanchéité 6 est trop ductile, il se décolle sans se rompre, et un dégazage du digesteur ne peut se produire ou se produit trop tardivement pour éviter une explosion.
- [0149] Au-delà d'une épaisseur de 20 mm, les éléments d'assemblage 2 risquent d'être trop fortement liés, de sorte qu'une surpression accidentelle au sein du digesteur n'est pas suffisante pour impliquer la rupture du dispositif d'étanchéité 6.
- [0150] Dans l'exemple illustré, la température de transition vitreuse T_g des résine époxy du dispositif d'étanchéité 6 est avantagusement supérieure à 40°C de façon à être peu déformable et suffisamment cassante à 55°C.

- [0151] La température de transition vitreuse T_g correspond à la température à laquelle un matériau passe d'un état cassant, fragile, à un état plus ductile. La transition est progressive au fur et à mesure que la température augmente, la ductilité commence à apparaître avant la T_g , et augmente encore après dépassement de la T_g .
- [0152] En cas de surpression accidentelle au sein du digesteur, la pression s'élève au sein du digesteur et les pétales commencent à se soulever. Les deuxièmes ensembles 4 de pétales, plus légers se soulèvent plus que les premiers ensembles 3.
- [0153] Le dispositif d'étanchéité 6 fusible est cassant et se rompt de manière nette grâce au soulèvement des deuxièmes ensembles 4 de pétales.
- [0154] La rupture nette de la couche de remplissage 11 provoque la ruine du revêtement d'étanchéité 12. Le caractère fragile et non ductile de la couche de remplissage 11 et du revêtement d'étanchéité 12 favorisent une rupture nette sans trop de déformation avant rupture du dispositif d'étanchéité 6.
- [0155] Les joints étanchéifiés en condition normale de fonctionnement de l'ouvrage, sont ainsi libérés et il se crée un désaffleurement entre premiers et deuxièmes ensembles d'éléments d'assemblage. Ce désaffleurement va ouvrir le ciel gazeux du digesteur à l'air libre et permettre un dégazage afin d'éviter une explosion du digesteur.
- [0156] Un tel dispositif d'étanchéité 6 est facilement réparable après la survenue d'une surpression et d'un dégazage par désaffleurement des éléments d'assemblage qu'il étanchéifie. Le dispositif d'étanchéité 6 peut être remplacé et le digesteur remis rapidement en service.
- [0157] Dans l'exemple illustré, le joint formé par l'assemblage des éléments d'assemblage 2 adjacents étanchéifiés se rapporte à la coupole 1 de digesteur.
- [0158] Bien entendu, la présente invention s'applique à tout autre système comprenant des éléments d'assemblage adjacents formant un joint nécessitant d'être étanchéifié et devant rompre sous une force déterminée telle qu'une surpression accidentelle ou tout autre effort.
- [0159] Des essais de traction ont été menés à 55°C sur un dispositif d'étanchéité 6 appliqué sur un joint formé entre deux éléments d'assemblage 2 adjacents et ayant les dimensions suivantes : longueur de 400 mm, largeur de 200 mm hauteur de 60 mm et des bords biseautés ou chanfreins de 20 mm, et espacés par un intervalle 7 de largeur 10 mm.
- [0160] Le dispositif d'étanchéité 6 sur lequel les essais de tractions ont été réalisés comprend une couche de remplissage 11 comprenant un enduit en résine époxy incorporant de la silice. La couche de remplissage 11 présente un allongement à la rupture de 0,56% à 55°C .
- [0161] Le revêtement d'étanchéité 12 comprend une couche de stratification 13 comprenant une première sous-couche en résine époxy, un mat de verre de grammage de 300 g/m^2 ,

et une deuxième sous-couche de résine époxy.

- [0162] Une couche de finition 14 comprend une résine époxy comportant de la silice.
- [0163] Le revêtement d'étanchéité 12 présente un allongement à la rupture de 2% à 55°C.
- [0164] La résine époxy de l'enduit de la couche de remplissage 11 présente une température de transition vitreuse Tg de 52,7°C.
- [0165] La résine époxy incorporant le mat de verre comportant des fibres courtes inférieure ou égale à 150 mm de la couche de stratification 13 du revêtement d'étanchéité 12 présente une température de transition vitreuse Tg de 43,2°C.
- [0166] Les températures de transition vitreuse Tg sont mesurées selon la norme NF EN ISO 11357-2.
- [0167] La résine époxy de l'enduit de la couche de remplissage 11 et la résine époxy du revêtement d'étanchéité 12 sont peu déformables et cassantes à 55°C.
- [0168] Dans l'exemple illustré, la pression normale de fonctionnement du digesteur est de 40 mbar et l'explosion du digesteur intervient à une pression d'environ 170 mbar.
- [0169] Pour une épaisseur de l'enduit de la couche de remplissage 11 comprise entre 10 et 15 mm, le dispositif d'étanchéité 6 étudié est suffisamment cassant et peu déformable et est apte à rompre par rupture nette dans la largeur du joint à partir de 80 mbar et avant 100 mbar, soit avant d'atteindre un déplacement de 8 mm entre les deux éléments d'assemblage 2, afin d'éviter une explosion du digesteur.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif d'étanchéité destiné à étanchéifier un joint formé par deux éléments d'assemblage (2) adjacents, comprenant :
- une couche de remplissage (11) destinée à être positionnée dans un intervalle (7) formé par le joint entre les deux éléments d'assemblage (2) ;
- et
- un revêtement d'étanchéité (12) disposé au-dessus de la couche de remplissage (11) et destiné à s'étendre en outre au moins partiellement en surface des éléments d'assemblage (2) de part et d'autre de l'intervalle (7), le revêtement d'étanchéité comprenant une couche de stratification (13) comportant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique comportant des fibres de verre de longueur inférieure ou égale à 150 mm, le revêtement d'étanchéité présente un allongement à la rupture maximal ε_{max} , exprimé en %, avec :
- $$\varepsilon_{max} = \frac{\sqrt{D_{max}^2 + l_0^2 - 2 \times D_{max} \times l_0 \times \cos \gamma} - l_0}{l_0} \times 100$$
- où D_{max} , exprimé en mm, est un mouvement relatif maximal admis avant rupture entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents, l_0 , exprimé en mm, est une largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents, et $\cos \gamma$, sans unité, est le cosinus de l'angle formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents ;
- la couche de remplissage (11) présentant un allongement à la rupture inférieur ou égal à l'allongement à la rupture du revêtement d'étanchéité (12).
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le revêtement d'étanchéité présente un allongement à la rupture inférieur ou égal à 3%.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la couche de remplissage (11) présente un allongement à la rupture compris entre 0,1 à 0,75%.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche de remplissage (11) comprend un enduit comportant au moins un matériau thermodurcissable ou thermoplastique et présentant une viscosité supérieure ou égale à 250 000 mPa.s à 20°C, de préférence présentant une viscosité allant de 250 000 à 700 000 mPa.s à 20°C.
- [Revendication 5] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans

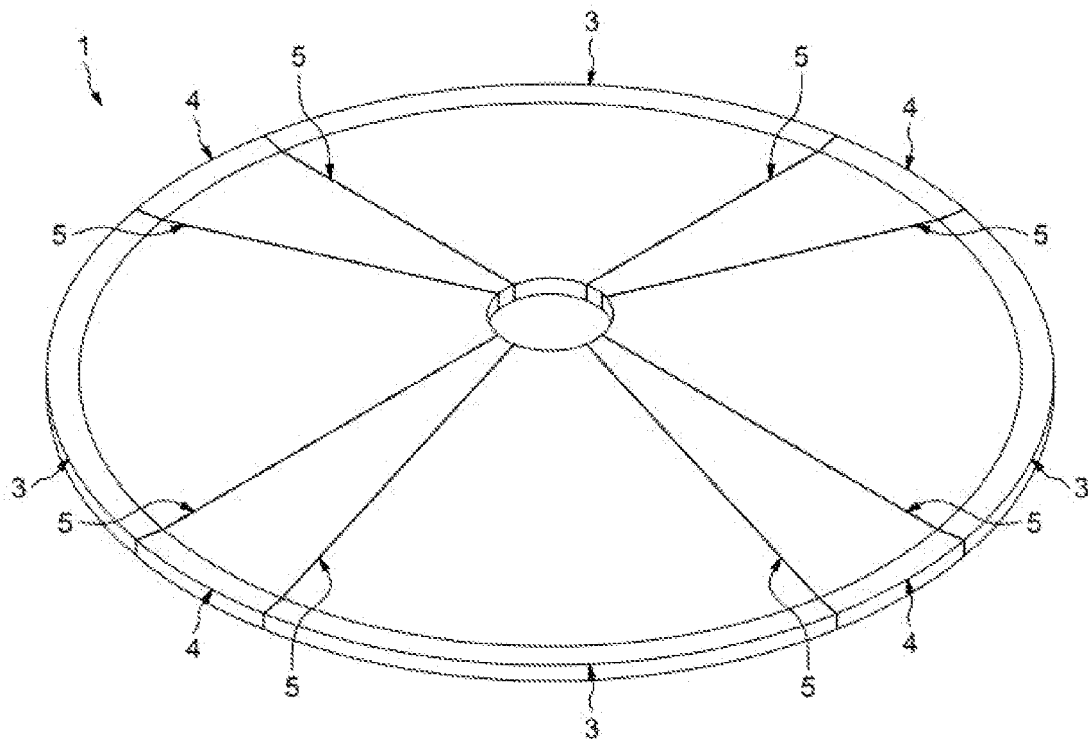
- lequel l'épaisseur de l'enduit de la couche de remplissage (11) est comprise entre 5 et 20 mm, de préférence comprise entre 10 et 15 mm.
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les fibres de verre de la couche de stratification (13) sont présentes sous la forme d'un mat de verre, de préférence un mat de verre ayant un grammage de 300 g/m².
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche de stratification (13) comporte une première sous-couche de résine époxy disposée au-dessus de la couche de remplissage (11), un mat de verre disposé sur la première sous-couche et une deuxième sous-couche de résine époxy disposée au-dessus du mat de verre.
- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le revêtement d'étanchéité (12) comprend une couche de finition (14) disposée au-dessus de la couche de stratification (13), de préférence une couche de finition (14) présentant des propriétés de résistance chimique adaptée à des effluents présents dans l'environnement du dispositif d'étanchéité, ou présents dans un ouvrage comprenant le dispositif d'étanchéité.
- [Revendication 9] Dispositif selon la revendication 8, dans lequel la couche de finition (14) comporte un matériau thermodurcissable ou thermoplastique incorporant des charges et/ou au moins un agent rhéologique, de préférence choisis parmi : des charges minérales telles que la silice, des charges synthétiques telles que des fibres polyéthylène, des charges organiques telles que la farine de bois, des charges métalliques, des additifs organiques, ou un mélange de ceux-ci.
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une couche de support destinée à être positionnée dans l'intervalle (7) au-dessous de la couche de remplissage (11), de préférence en mousse polyuréthane.
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le revêtement d'étanchéité (12) présente, à une température de 55°C, un allongement à la rupture maximal $\varepsilon_{\max}$, exprimé en %, avec :
- $$\varepsilon_{\max} = \frac{\sqrt{D_{\max}^2 + l_0^2 - 2 \times D_{\max} \times l_0 \times \cos \gamma} - l_0}{l_0} \times 100$$
- où $D_{\max}$, exprimé en mm, est un mouvement relatif maximal admis avant rupture entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents, l_0 , exprimé en mm, est une largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage

(2) adjacents, et $\cos \gamma$, sans unité, est le cosinus de l'angle formé entre la direction du mouvement relatif entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents et la direction de la largeur du joint entre les deux éléments d'assemblage (2) adjacents.

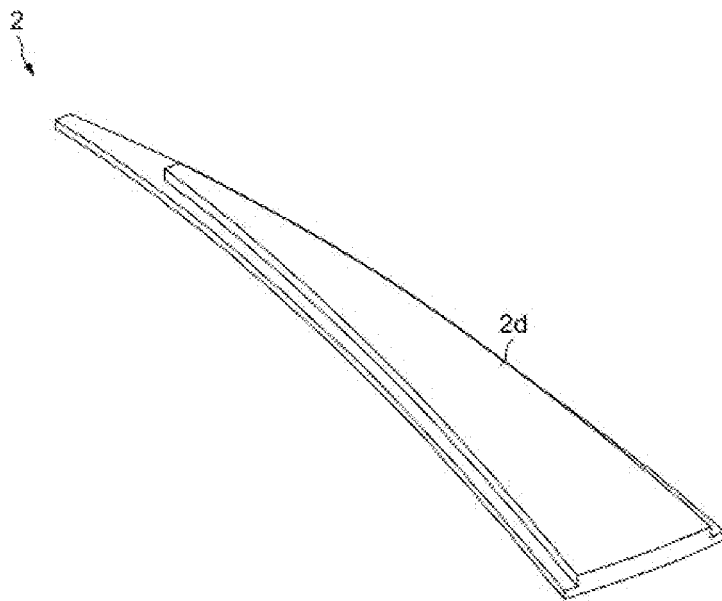
- [Revendication 12] Système comprenant au moins deux éléments d'assemblage (2) adjacents formant un joint et un dispositif d'étanchéité (6) dudit joint selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 13] Système selon la revendication 12, dans lequel l'intervalle (7) comportant des bords biseautés (2c) formant une rainure débouchant à la surface des éléments d'assemblage (2).
- [Revendication 14] Système selon la revendication 12 ou 13, dans lequel les éléments d'assemblage (2) sont en béton.
- [Revendication 15] Système selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, comprenant une pluralité d'éléments d'assemblage (2) répartis en des premiers ensembles (3) d'éléments d'assemblage et des deuxièmes ensembles (4) d'éléments d'assemblage comportant un nombre inférieur d'éléments d'assemblage par rapport auxdits premiers ensembles (3), lesdits premier et deuxième ensembles (3, 4) étant disposés en alternance.
- [Revendication 16] Coupole destinée à fermer une cuve de digesteur, comprenant une pluralité d'éléments d'assemblage (2) adjacents chacun formé par un pétale s'étendant radialement entre le centre de la coupole (1) et la périphérie de la coupole (1), et comprenant un nombre pair de dispositifs d'étanchéité (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 étanchéifiant chacun deux éléments d'assemblage (2) adjacents de la pluralité d'éléments d'assemblage (2) pour l'obtention d'un désaffleurement en situation de surpression accidentelle au sein du digesteur.
- [Revendication 17] Coupole selon la revendication 16, dans laquelle chaque élément d'assemblage (2) comporte une face extérieure (2d) et une face intérieure (2a) opposée, l'ensemble des faces intérieures (2a) des éléments d'assemblage (2) formant une face intérieure de la coupole (1) destinée à être positionnée en regard de l'intérieur du digesteur, la face intérieure de la coupole étant revêtue d'un revêtement d'étanchéité (16) disposé en continuité avec le revêtement d'étanchéité (12) du dispositif d'étanchéité (6).
- [Revendication 18] Procédé d'obtention d'un dispositif d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant une étape de formation de la couche de remplissage et une étape de formation du revêtement d'étanchéité, l'étape de formation de la couche de remplissage et/ou

l'étape de formation du revêtement d'étanchéité étant réalisée au moins en partie par projection à partir d'une machine à projection.

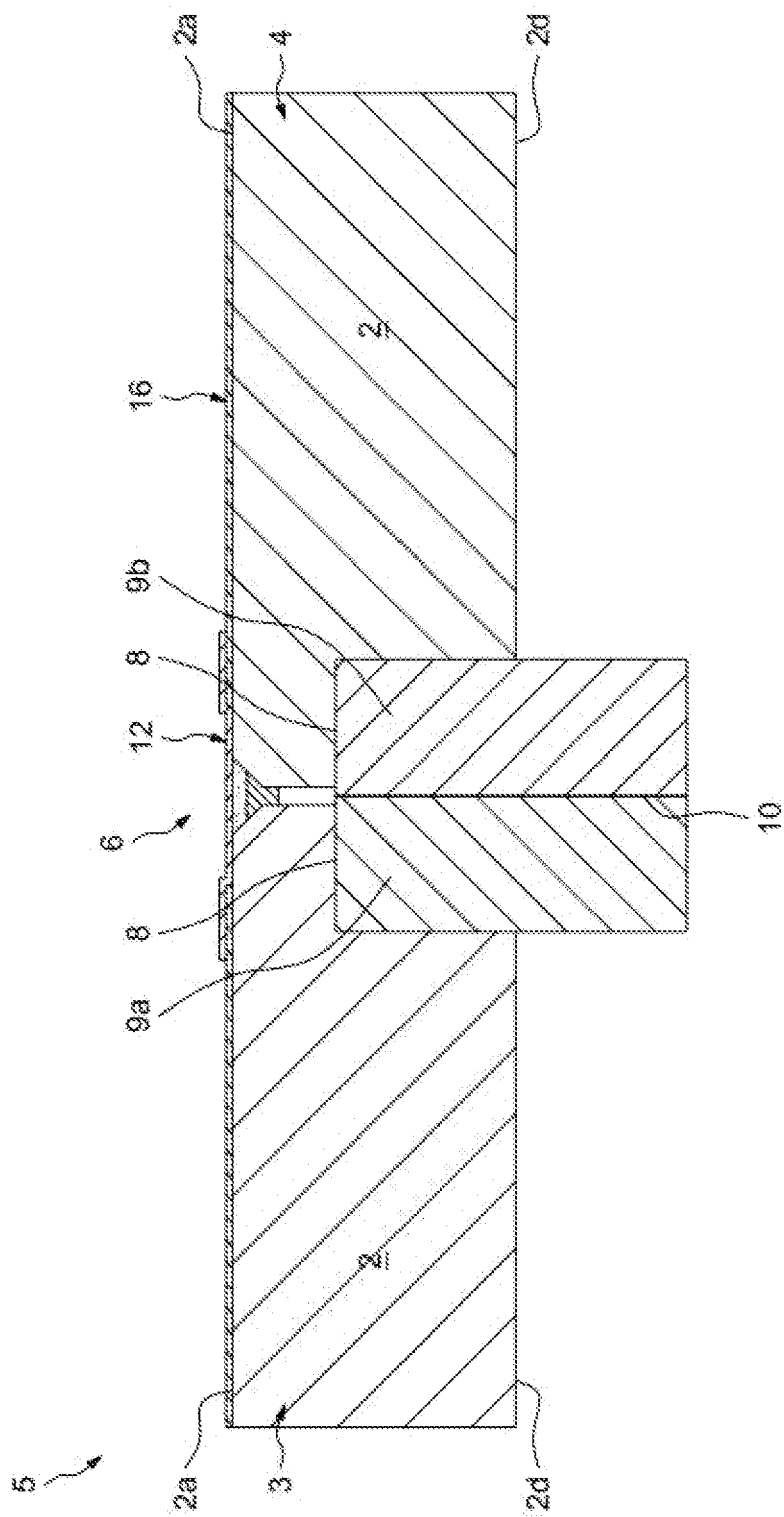
[Fig. 1]



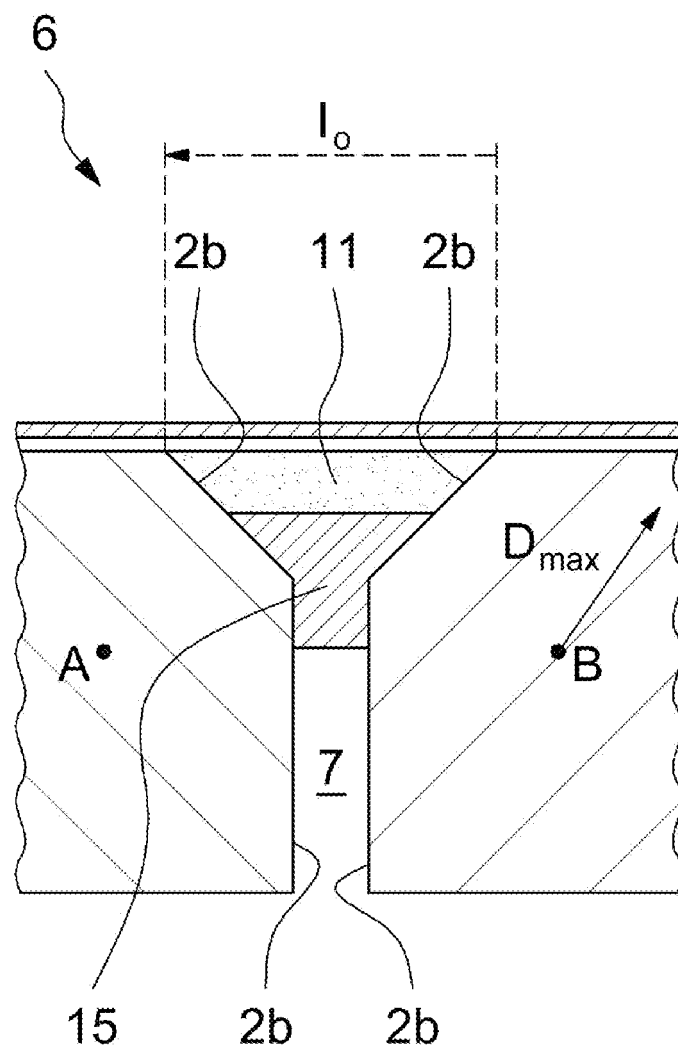
[Fig. 2]



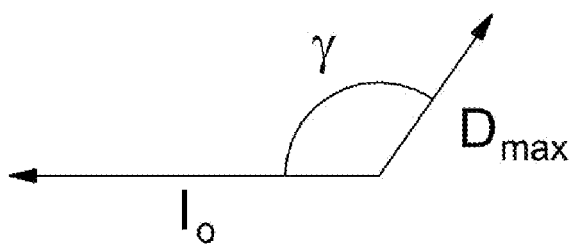
[Fig. 3]



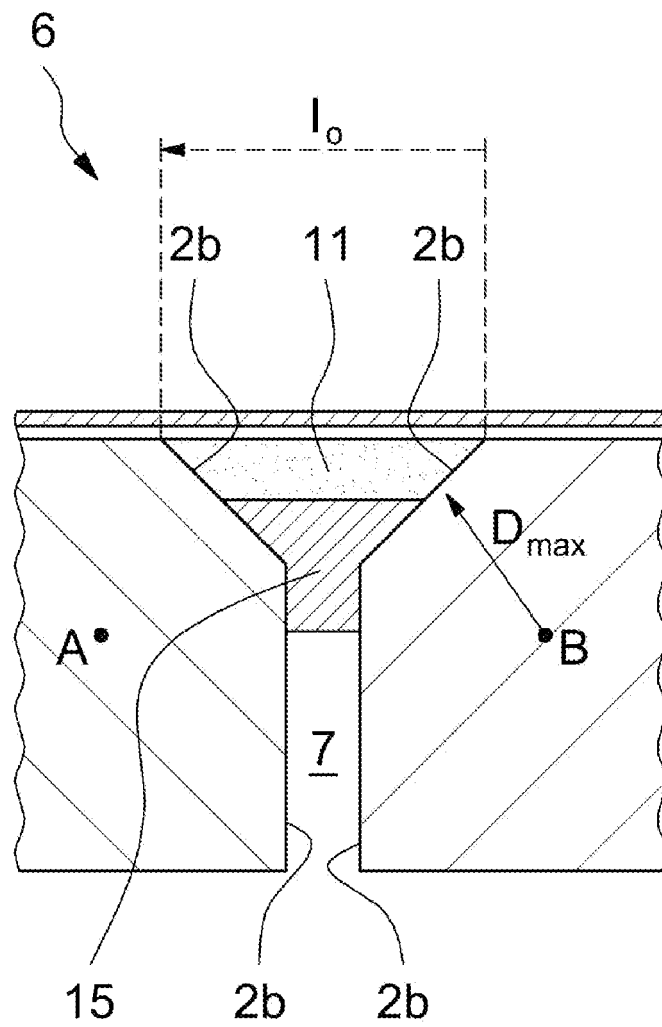
[Fig. 5A]



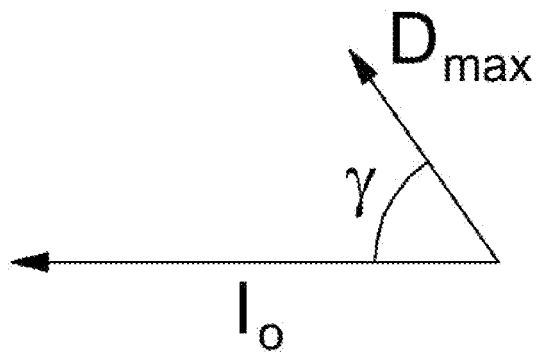
[Fig. 5B]



[Fig. 6A]



[Fig. 6B]



ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2300512 FA 914873**

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 **18-07-2023**
 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
WO 2016129990 A1	18-08-2016	AUCUN	
FR 3094732 A1	09-10-2020	EP 3719227 A1	07-10-2020
		FR 3094732 A1	09-10-2020
WO 8803548 A1	19-05-1988	AUCUN	