

⑤④ DISPOSITIF DE COLLECTE DE BIOFILM, SYSTEME ET PROCEDE DE MESURE DE BIOFILM POUR UN RESEAU DE CANALISATIONS DE TYPE INDUSTRIEL.

②② Date de dépôt : 03.11.14.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : BIOMETRIZ SENSOR Société par
actions simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 06.05.16 Bulletin 16/18.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 06.08.21 Bulletin 21/31.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MERLET NICOLE et TRIBOLLET
BERNARD.

⑦③ Titulaire(s) : BIOMETRIZ SENSOR Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : LEGI LC.



Dispositif de collecte de biofilm, système et procédé de mesure de biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel.

Le domaine de l'invention est celui de la conception et de la fabrication d'équipement industriels pour le contrôle de la qualité de l'eau.

- 5 Plus précisément, l'invention concerne un dispositif de collecte de biofilm et un système de mesure du biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel.

Dans les réseaux et circuits d'eaux, des risques sanitaires liés à la croissance de biofilms existent. En effet, la croissance de biofilms sur une
10 surface en contact avec de l'eau peut provoquer des risques microbiologiques (*Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Naegleria fowleri*, ...).

On peut notamment citer les réseaux de refroidissement ou d'eaux chaudes sanitaires des établissements recevant du public (hôpitaux, maisons
15 de retraite, centres commerciaux, hôtels, groupes scolaires, centre de loisirs, ...), des immeubles de bureaux ou des logements collectifs. On peut encore citer la maîtrise des encrassements des circuits dans diverses industries, par exemple les papeteries ou les industries agroalimentaire. Enfin, les réseaux comportant des membranes peuvent être aussi concernés, comme les
20 réseaux d'usine de transformation de biomasse, les réseaux de distribution d'eaux potable ou encore les réservoirs de stockage de ces eaux.

Par exemple, sur les installations de refroidissement par voie humide (tours aéroréfrigérantes, circuits de refroidissement, eaux de process de diverses industries), des exigences réglementaires relatives aux risques
25 sanitaires doivent être respectées par les gestionnaires de ces installations. Plus particulièrement, ces exigences réglementaires concernent :

- la gestion du risque légionelle ;
- le choix des produits et des doses de traitement à mettre en œuvre (biocides oxydants et non oxydants, dispersants et
30 biodispersants pour matières organiques ou minérales, agents antitartre et anticorrosion, nettoyants acides, alcalins ou neutres, ...) lors de traitement préventifs ou curatifs ;

- la diminution des rejets de substances chimiques et de leurs impacts environnementaux ;

Trouver les moyens de satisfaire à ces exigences permettra :

- la réduction du recours à des doses de traitement surévaluées ;
- 5 - la lutte contre l'entartrage et la corrosion pour limiter la formation de dépôts et l'encrassement des canalisations ;
- la réduction de la consommation d'énergie par l'amélioration du transfert thermique ;
- la réduction des consommations en eau, par réduction des purges ;
- 10 - l'augmentation de la durée de vie des installations, la réduction des coûts d'exploitation et la simplification des opérations de maintenance.

Un problème réside ainsi dans la gestion du développement des biofilms dans des installations ou des réseaux d'eau en milieu industriel.

Actuellement, certaines solutions de l'art antérieur proposent des méthodes pour évaluer l'épaisseur d'un biofilm. Cependant, ces solutions ne permettent pas d'évaluer l'épaisseur de biofilm précoces (d'une épaisseur inférieure à 10 μm), l'épaisseur de biofilms dans un circuit en cours de nettoyage et/ou ne sont pas adaptées à un réseau de canalisations de type industriel. Ces solutions, qui utilisent généralement des techniques d'analyse du coefficient de transfert thermique, présentent donc comme inconvénient d'être limitées dans leur capacité de détection d'un biofilm peu épais.

Un autre problème réside dans la méthode de mesure des biofilms. En effet, pour permettre de réaliser une mesure pertinente de l'épaisseur d'un biofilm, par exemple dans une canalisation d'un réseau d'eau, il est nécessaire de disposer d'un support de croissance sur lequel le biofilm se développera en même temps et de façon équivalente que sur les parois de la canalisation. Cette méthode se base ainsi sur l'évaluation de l'épaisseur d'un biofilm dans une canalisation à partir de la mesure de l'épaisseur d'un biofilm sur un support de croissance.

Pour des raisons techniques de mise en œuvre, le support de croissance n'est pas installé dans la canalisation même. En effet, le support de croissance peut être monté dans une dérivation spécialement installée sur cette canalisation. Cette dérivation permet ainsi d'isoler et d'extraire le support de croissance pour réaliser les analyses relatives au biofilm.

Dans ce contexte, l'opérateur peut ainsi tenter de reproduire les mêmes conditions de croissance d'un biofilm dans la dérivation que celles qui existent dans la canalisation, le conduisant notamment à vouloir reproduire les mêmes conditions d'écoulement.

Or, dans la pratique, il est souvent complexe voire quasiment impossible de concevoir une dérivation qui reproduit les mêmes conditions d'écoulement du flux que celles existantes dans la canalisation (autant alors installer le support de croissance directement dans la canalisation, ceci avec les difficultés évoquées précédemment).

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, l'invention a pour objectif de proposer un dispositif de collecte d'un biofilm dans un réseau de canalisations de type industriel qui est aisé et peu coûteux à mettre en œuvre.

L'invention a également pour objectif un tel dispositif qui permet une évaluation précise de l'épaisseur du biofilm et de ses caractéristiques.

L'invention a encore pour objectifs de proposer :

- un système de mesure de biofilm dans un réseau de canalisations de type industriel et un procédé de mesure d'un biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel qui permettent de réaliser des évaluations des caractéristiques d'un biofilm qui soient plus complètes que les évaluations obtenues avec les solutions de l'art antérieur ;
- un tel système de mesure qui soit convivial et aisé à mettre en œuvre ;
- un tel système qui permet de réaliser les mesures rapidement pour un coût d'utilisation restreint.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont atteints grâce à l'invention qui a pour objet un dispositif de collecte de biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel, le dispositif de collecte comprenant une dérivation à mettre en place sur une canalisation dans laquelle un fluide est susceptible de se déplacer et de provoquer la croissance d'un biofilm, caractérisé en ce que la dérivation comprend :

- au moins un support de croissance de biofilm ;
- des moyens de mesure de la vitesse V_d de déplacement du fluide dans la dérivation ;
- 10 - des moyens de contrôle et/ou d'ajustement du débit du fluide dans la dérivation pour que le régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent.

Un tel dispositif de collecte de biofilm est particulièrement adapté dans des réseaux sous pression (par exemple ceux des circuits de refroidissement).

Les moyens de mesure de la vitesse V_d de déplacement du fluide dans la dérivation permettent de s'assurer que cette vitesse reste dans une plage souhaitée.

En l'occurrence, les moyens de contrôle et/ou d'ajustement permettent de moduler le débit du fluide et ainsi le régime hydraulique au voisinage du support de croissance de biofilm. En effet, ce régime hydraulique (laminaire, transitoire ou turbulent) peut influencer sur le développement d'un biofilm. Ainsi, un dispositif selon l'invention permet d'obtenir un régime de type turbulent dans la dérivation permettant ainsi le développement d'un biofilm sur le support de croissance qui est le plus représentatif possible de celui pouvant se développer dans la canalisation.

Ces moyens de mesure de la vitesse V_d peuvent prendre la forme d'un débitmètre à flotteur (rotamètre) permettant de mesurer le débit du fluide dans la dérivation et ainsi de calculer la vitesse V_d .

Pour déterminer le régime hydraulique dans la dérivation, on utilise le nombre de Reynolds qui est calculé selon les formules suivantes :

$$Re = \frac{\rho \cdot Vd \cdot D}{\mu}$$

Selon :

- ρ (Masse volumique du fluide (kg.m^{-3}) = 10^3 kg.m^{-3} pour l'eau) ;
- Vd (Vitesse du fluide dans la dérivation (m.s^{-1})) ;
- 5 - D (Diamètre de la dérivation (m)) ;
- μ (Viscosité dynamique du fluide ($\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$) = $10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ pour l'eau).

Avec :

$$Vd = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

10 Selon :

- Vd (Vitesse du fluide dans la dérivation (m.s^{-1})) ;
- Q (Débit du fluide ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)) ;
- S (Section de la dérivation (m^2)) ;
- D (Diamètre de la dérivation (m)).

15 D'où :

$$Re = 4 \cdot \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{Q}{\pi \cdot D}$$

Par exemple, pour deux dispositifs disposant de tubes différents, les débits, vitesse, nombre de Reynolds et régimes sont les suivants :

<u>Exemple 1 : Dispositif en inox 316 L de 25mm diamètre</u> diamètre intérieur de la canalisation de 20 mm section intérieure de $3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$			
<u>Débit</u> (Q en L/h)	<u>Vitesse de circulation</u> (v en m/s)	<u>Nombre de Reynolds</u> Re	<u>Régime hydraulique</u>
$Q < 115 \text{ L/h}$	$< 0,102$	< 2000	Laminaire
$115 \text{ L/h} < Q < 230 \text{ L/h}$	$0,102 < v < 0,203$	$2000 < Re < 4000$	Transitoire
$Q > 230 \text{ L/h}$	$> 0,203$	> 4000	Turbulent
Q conseillé $\geq 250 \text{ L/h}$	$\geq 0,221$	≥ 4421	Turbulent

<u>Exemple 2 : Dispositif en PVC haute pression DN 25</u> diamètre intérieur de la canalisation de 22,7 mm section intérieure de $4,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$			
<u>Débit</u> (Q en L/h)	<u>Vitesse de circulation</u> (v en m/s)	<u>Nombre de Reynolds</u> Re	<u>Régime hydraulique</u>
Q < 130 L/h	< 0,089	< 2000	Laminaire
130 L/h < Q < 260 L/h	0,089 < v < 0,179	2000 < Re < 4000	Transitoire
Q > 260 L/h	> 0,179	> 4000	Turbulent
Q conseillé $\geq$ 300 L/h	$\geq$ 0,206	$\geq$ 4674	Turbulent

Le régime peut ainsi être considéré comme turbulent à partir d'une valeur du nombre de Reynolds supérieure à 4000 et ainsi à une valeur du débit du fluide dans la dérivation qui est fonction des caractéristiques dimensionnelles de la dérivation.

- 5 Un débit conseillé est sélectionné et préféré pour éviter d'être en limite de régime turbulent. Ainsi le débit conseillé est supérieur au débit à partir duquel le régime hydraulique est considéré comme turbulent.

Selon un mode de réalisation avantageux, le support de croissance de biofilm affleure la surface d'une paroi de la dérivation.

- 10 De cette manière, il est plus aisé de recréer au voisinage du support de croissance les mêmes conditions de croissance de biofilm qui règnent au voisinage d'une portion de la paroi de la canalisation sur laquelle est située la dérivation.

- 15 Ainsi, l'évaluation de la croissance du biofilm dans la canalisation à partir du biofilm mesuré sur le support de croissance est plus précise.

Préférentiellement, le support de croissance de biofilm prend la forme d'un embout d'électrode à disque tournant.

- 20 L'utilisation d'une électrode à disque tournant est particulièrement avantageuse du fait qu'elle permet d'obtenir une large plage de détection et de pouvoir ainsi détecter des biofilms d'une épaisseur très faible (de l'ordre du micromètre) à une épaisseur importante. De plus, l'utilisation d'une

électrode à disque tournant permet de caractériser le biofilm et d'adapter le traitement qui sera utilisé dans les canalisations ou réseau d'eau du site de type industriel. Enfin, cette mesure et cette caractérisation du biofilm est réalisée de façon non destructive et permet ainsi de calculer la vitesse de croissance ou d'évaluer l'efficacité d'un traitement à partir du même support de croissance. Cette vitesse de croissance est particulièrement pertinente grâce à la précision de mesure de l'épaisseur d'un biofilm permise par l'invention.

De manière préférentielle, la dérivation comporte un piquage de type clarinette de collecte supportant au moins un support de croissance.

Un tel piquage permet une extraction et une insertion pratique des supports de croissances.

En utilisant plusieurs supports de croissance sur un même piquage, on peut disposer de supports secondaires pouvant être utiles pour démontrer une reproductibilité des résultats ou encore pour servir de supports de croissance de secours en cas de défaillance du premier support.

L'invention concerne aussi un système de mesure de biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel qui comprend :

- au moins un dispositif de collecte de biofilm selon l'invention, tel que décrit précédemment ;
- un dispositif de mesure du biofilm destiné à déterminer l'épaisseur du biofilm déposé sur le support de croissance.

Un tel système de mesure de biofilm en milieu industriel est particulièrement avantageux, notamment dans le cas où plusieurs dispositifs de collecte sont installés à plusieurs points stratégiques d'un site industriel. En effet, grâce à l'invention, un gestionnaire de site industriel peut réaliser rapidement et efficacement une cartographie des réseaux et une évaluation des risques de croissance bactérienne.

Un tel système permet aussi l'obtention de données relatives au biofilm qui sont plus complètes que les données obtenues avec les solutions de l'art antérieur et qui permettront d'adapter précisément le traitement à utiliser dans les canalisations du milieu industriel pour neutraliser ce biofilm.

En particulier, ce système permet d'obtenir l'épaisseur du biofilm et ses caractéristiques chimiques associées à un indice d'élasticité. Ces données permettent ainsi de déterminer l'état d'encrassement de la canalisation ainsi que l'état de minéralisation du biofilm (un biofilm
5 extrêmement élastique et poreux ayant une structure majoritairement organique et un biofilm compact et peu déformable ayant une très forte composante minérale).

L'indice d'élasticité (SI) est calculé de la manière suivante :

$$SI = 100 \times \left(1 - \frac{\text{épaisseur du biofilm à 1000 trs/min}}{\text{épaisseur du biofilm à 100 trs/min}} \right)$$

10 Le tableau suivant permet d'établir la relation entre l'indice d'élasticité et la composition du biofilm.

<u>SI (%)</u>	<u>Caractéristiques du biofilm</u>
[100 – 90]	Biofilm extrêmement élastique, poreux <i>Structure majoritairement organique</i>
[90 – 70]	Biofilm très élastique <i>A très forte composante organique</i>
[70 – 50]	Biofilm élastique <i>Composante organique marquée</i>
[50 – 35]	Biofilm moyennement élastique <i>Structure mixte (organique et minérale)</i>
[35 – 10]	Biofilm peu élastique <i>Structure à dominante minérale</i>
[10 – 0]	Biofilm compact, peu déformable <i>Très forte composante minérale</i>

La détermination de l'indice d'élasticité permet ainsi d'obtenir des indications fondamentales sur la stratégie de traitement à mettre en place.

Ces données complètes peuvent notamment être obtenues
15 rapidement. En effet, le dispositif de mesure selon l'invention permet de mesurer les caractéristiques d'un biofilm sur site et en un laps de temps très

court (moins de cinq minutes) comparé aux solutions proposées par l'art antérieur.

Selon une caractéristique avantageuse, le dispositif de mesure du biofilm est un dispositif mobile comportant :

- 5 - un contrôleur de vitesse pour électrode à disque tournant ;
- un potentiostat ;
- une cellule de mesure ;
- une unité de stockage des électrodes et de l'électrolyte.

Le système selon l'invention, pourvu d'un tel dispositif mobile de type
 10 « tout en un » aisément transportable, est particulièrement adapté à une utilisation dans un milieu industriel. En effet, grâce à un tel dispositif, les mesures peuvent être réalisées directement en milieu industriel auprès du lieu de collecte de biofilm.

De plus et tel que vu précédemment, grâce aux données fournies par
 15 le système qui utilise une électrode à disque tournant, le système forme un puissant outil d'aide à la décision.

En effet, la stratégie de traitement peut ainsi être modulée en fonction de l'épaisseur du biofilm et des caractéristiques chimiques du biofilm (matrice à dominante minérale, matrice mixte ou matrice à dominante
 20 organique).

Ainsi, en modulant le traitement (choix et dosage des produits, fréquence des traitements), le gestionnaire du site industriel peut réduire le coût global de maintenance du réseau, limiter les impacts sociétaux (fermeture administrative d'établissements industriels, diminution des
 25 épidémies de légionellose, ...) et réduire l'impact environnemental des traitements.

L'analyse permise par un système selon l'invention a aussi pour avantage de ne pas être destructive. Ainsi, un opérateur peut suivre l'évolution dans le temps des caractéristiques d'un biofilm situé sur un
 30 support de croissance, par exemple avant et après un traitement.

Préférentiellement, le dispositif de mesure du biofilm comprend des moyens de pilotage de la mesure et des moyens de traitement et d'archivage des données.

5 Ainsi avantageusement pourvu, le dispositif peut être utilisé par une personne qui n'a pas besoin de disposer d'un haut niveau de spécialisation. En effet, l'opérateur du dispositif de mesure a seulement besoin de manipuler le dispositif de collecte puis de mettre en œuvre le dispositif de mesure du biofilm. Le pilotage de la mesure et les moyens de traitement permettent d'obtenir une rapidité et une fiabilité de mesure tout en permettant
10 une utilisation simple et conviviale du système par l'opérateur.

Un tel dispositif est particulièrement avantageux dans un milieu industriel et dans le cadre de l'intégration du système de mesure de biofilm dans un process industriel de contrôle et de qualité.

L'invention concerne encore un procédé de mesure de biofilm pour
15 un réseau de canalisations de type industriel au moyen d'un système de mesure de biofilm tel que décrit précédemment, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape de mise en place sur une canalisation d'un dispositif de collecte de biofilm tel que décrit précédemment ;
- 20 - une étape de contrôle et/ou d'ajustement du débit du fluide dans la dérivation pour que le régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent ;
- une étape de mesure des caractéristiques du biofilm.

Un tel procédé permet, comparativement aux solutions de l'art
25 antérieur, d'améliorer la pertinence de la comparaison entre l'analyse du biofilm issu du dispositif de collecte et le biofilm qui est supposé se développer dans la canalisation.

Avantageusement, l'étape de mesure des caractéristiques du biofilm est notamment destinée à déterminer l'épaisseur et l'état de minéralisation
30 dudit biofilm.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le procédé comporte une étape de détermination, d'utilisation et de contrôle d'un moyen technique d'éradication dudit biofilm en fonction des caractéristiques du biofilm.

Le traitement du réseau de canalisation par ce procédé permet ainsi
5 d'obtenir les avantages précédemment décrit qui peuvent être obtenu lors de l'utilisation du moyen technique le mieux adapté à la situation, sélectionné au moyen de l'invention qui fournit une aide à la décision.

Le procédé permet aussi de contrôler l'efficacité du traitement au moyen de mesures réalisées pendant le traitement ou postérieurement au
10 traitement.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de modes de réalisation préférentiels de l'invention, donnés à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, et des dessins annexés parmi lesquels :

- 15 - la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de collecte de biofilm selon l'invention, pour un réseau de canalisations de type industriel ;
- les figures 2 et 3 sont des représentations schématiques d'un support de croissance de biofilm selon l'invention ;
- 20 - la figure 4 est une représentation schématique d'un support de croissance de biofilm selon l'invention, installé dans un piquage de type clarinette de collecte ;
- la figure 5 est une représentation schématique d'un système de mesure de biofilm selon l'invention ;
- 25 - la figure 6 est un organigramme représentant le fonctionnement du procédé de mesure de biofilm selon l'invention.

Tel que cela apparaît sur la figure 1, un dispositif de collecte de biofilm selon l'invention est destiné à être mis en place dans un réseau de canalisations de type industriel.

30 Le dispositif de collecte comprend une dérivation 1 à mettre en place sur une canalisation 2.

Un fluide est susceptible de se déplacer :

- dans la canalisation en provoquant la croissance d'un biofilm ;
- dans la dérivation avec une vitesse V_d de déplacement.

La dérivation comprend au moins un support de croissance de biofilm.

- 5 Ce support de croissance de biofilm est destiné à porter un biofilm qui sera mesuré pour évaluer la croissance du biofilm à l'intérieur de la canalisation.

- La dérivation comprend aussi des moyens de mesure de la vitesse V_d 11 et des moyens de contrôle et/ou d'ajustement du débit 12 du fluide
10 dans la dérivation pour que le régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent.

La canalisation peut comprendre des moyens de mesure de la vitesse de déplacement du fluide, notamment si cette vitesse est variable

- Ces moyens de contrôle et/ou d'ajustement du débit 12 peuvent
15 notamment être composés de :

- une pompe de circulation 120 ;
- une vanne d'isolement entrée 121 ;
- une vanne d'isolement sortie 122.

- La pompe de circulation est particulièrement intéressante pour
20 adapter le débit et ainsi la vitesse V_d de déplacement du fluide dans la dérivation pour obtenir un régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation de type turbulent.

- Ainsi, si le débit du fluide dans la dérivation est trop faible, par exemple à cause des flux au voisinage de la zone de piquage, de la forme du
25 circuit de dérivation et/ou le diamètre interne de la tuyauterie de la dérivation, une pompe de circulation est installée et réglée pour augmenter la vitesse V_d en adaptant le débit tel qu'expliqué précédemment.

- Au contraire, si le débit du fluide dans la dérivation est trop élevé, les moyens de contrôle et/ou d'ajustement du débit auront pour fonction de le
30 diminuer. Cette baisse du débit peut par exemple être réalisée au moyen d'une fermeture partielle de la vanne d'isolement entrée.

La dérivation peut aussi comporter une vanne de purge 123 pour permettre de vider le circuit de la dérivation après une fermeture des vannes d'isolement.

Selon la figure 2, le support de croissance 10 de biofilm prend la forme d'un embout d'électrode à disque tournant 100 pouvant avoir un diamètre externe de 10 mm. L'embout d'électrode à disque tournant porte une surface active 101 en platine pouvant avoir un diamètre d'environ 5 mm. L'embout d'électrode à disque tournant comporte un taraudage qui lui permet d'être fixé sur l'électrode à disque tournant lors de l'étape de mesure.

Suivant la figure 3, le support de croissance 10 prenant la forme d'un embout d'électrode à disque tournant 100 est vissé sur une allonge 102.

L'allonge 102 comporte un filetage mâle destiné à être vissé dans le taraudage de l'embout d'électrode à disque tournant 100. Un joint torique 103 prend place entre l'allonge et l'embout d'électrode à disque tournant afin d'assurer l'étanchéité du système et ne pas dégrader la partie métallique à l'intérieur de l'embout d'électrode à disque tournant 100, cette partie métallique assurant le contact électrique sur l'électrode lors de la mesure.

L'allonge 102 prend la forme d'un barreau en téflon d'un diamètre de 11 mm +/- 0.05 mm et d'une longueur d'environ 100 mm. Cette allonge peut comporter un orifice traversant 104 pour permettre à l'allonge d'être attachée par un moyen adapté et permettre ainsi d'immerger le support de croissance dans un réservoir ou un bassin de stockage.

L'ensemble formé par l'allonge 102 et le support de croissance 10 constitue une sonde de collecte de biofilm.

Tel que cela apparaît sur la figure 4, le support de croissance de biofilm 10 affleure la surface d'une paroi 13 de la dérivation 1.

Selon les figures 1 et 4, la dérivation 1 comporte un piquage 14 de type clarinette de collecte supportant au moins un support de croissance 10.

Tel que représenté sur la figure 1, le piquage 14 de type clarinette de collecte supporte trois supports de croissance 10. La sonde de collecte de biofilm prend place sur le piquage au moyen d'un capuchon à vis 140 destiné

à se fixer sur un pas de vis 141 du piquage. Une olive d'étanchéité 142 prend place entre le capuchon et le pas de vis 141.

La figure 5 illustre un mode de réalisation du système de mesure de biofilm 3 pour un réseau de canalisations de type industriel. Ce système de mesure de biofilm 3 comprend :

- au moins un dispositif de collecte de biofilm tel que décrit précédemment ;
- un dispositif de mesure du biofilm 4.

En l'occurrence, le système de mesure de biofilm comprend au moins deux dispositifs de collecte de biofilm. Un tel système permet d'établir une cartographie de l'état d'encrassement d'un réseau de canalisations.

Le dispositif de mesure du biofilm 4 est destiné à déterminer les caractéristiques du biofilm (épaisseur, etc.) déposé sur le support de croissance.

Ce dispositif de mesure de biofilm 4 est avantageusement un dispositif mobile intégrant dans un seul appareil compact et léger :

- un contrôleur de vitesse pour électrode à disque tournant 40 ;
- un potentiostat 41 ;
- une cellule de mesure 42 ;
- une unité de stockage 43 des électrodes (référence, contre électrodes) et de l'électrolyte.

Le fonctionnement du dispositif mobile de mesure de biofilms peut s'opérer de la manière suivante :

- sélection du site de mesure et du support de croissance 10 (électrode) sur lequel on souhaite faire la mesure par les moyens de pilotage des mesures (logiciel du dispositif mobile) ;
- sélection de la date de la mesure pour obtenir le temps de séjour du support de croissance 10 dans la dérivation ;
- fixation du l'embout d'électrode à disque tournant (support de croissance 10) sur l'électrode à disque tournant du dispositif mobile ;

- mise en place de l'électrode de référence et de la contre électrode ;
 - immersion des trois électrodes dans l'électrolyte dans la cellule de mesure 42 ;
 - 5 - polarisation de l'électrode au moyen du potentiostat 41 ;
 - application successive de plusieurs vitesses de rotation (10, 500, 1000 tr/min) à l'électrode à disque tournant au moyen du contrôleur de vitesse pour électrode à disque tournant 40;
 - 10 - enregistrement par le système des valeurs du courant de diffusion pour chaque vitesse ;
 - traitement des données par le système en comparant les valeurs obtenues sur un support de croissance propre et sur un support de croissance issu du dispositif de collecte ;
 - affichage des résultats ;
 - 15 - archivage des données par le système.
- Selon la figure 5, le dispositif de mesure du biofilm comprend des moyens de pilotage de la mesure 44 et des moyens de traitement et d'archivage des données 45.
- Un tel dispositif de mesure constitue tel que décrit précédemment un
- 20 puissant outil pour le gestionnaire du réseau dans lequel il est utilisé. En effet, ce dispositif peut acquérir et calculer des données sans nécessiter de manipulations demandant un niveau d'expertise particulièrement élevé de la part de l'opérateur. De plus, ces données peuvent être relativement exhaustives :
- 25 - épaisseur du biofilm (de l'ordre du micromètre à l'encrassement du circuit) ;
 - vitesse de croissance du biofilm ;
 - indice d'élasticité du biofilm ;
 - caractéristiques chimiques du biofilm ;
 - 30 - évaluation de l'efficacité des traitements.

On comprend qu'une cartographie de l'encrassement d'un réseau de canalisation par un biofilm est plus aisée et moins coûteuse à réaliser grâce à l'utilisation d'un système de mesure de biofilm selon l'invention.

Le dispositif de mesure mobile permet également de réaliser les
5 mesures sur le site où est situé le dispositif de collecte.

Enfin, on comprend que le système permet de combiner à ces précédents avantages une diminution globale des coûts d'analyse de l'encrassement d'un réseau de canalisation par un biofilm et des coûts de traitement de cet encrassement.

10 Tel qu'illustré par l'organigramme de la figure 6, l'invention concerne aussi un procédé de mesure de biofilm pour un réseau de canalisation de type industriel. Ce procédé est réalisé au moyen d'un système de mesure de biofilm et d'au moins un dispositif de collecte de biofilm, selon l'invention, tels que décrits précédemment.

15 Le procédé peut comprendre les étapes décrites plus précisément ci-après.

Le procédé comporte une première étape 50 de mise en place sur les canalisations du réseau d'au moins un dispositif de collecte de biofilm, si possible dans des zones stratégiques de l'installation. Cette installation est
20 particulièrement importante du fait des coûts qu'elle engendre et de l'exhaustivité des informations relatives à l'encrassement du réseau que les dispositifs de collecte permettront de relever.

Ensuite une étape 51 de contrôle et/ou d'ajustement du débit du fluide dans la dérivation est réalisée pour que le régime hydraulique
25 d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent. Cette étape permet en particulier d'obtenir des conditions optimales de croissance du biofilm dans la dérivation de manière à ce que la mesure du biofilm dans la dérivation soit représentative de la croissance du biofilm dans la canalisation.

Enfin, une étape 52 de mesure du biofilm est réalisée. Cette étape
30 peut être adaptée aux particularités du réseau sur lequel le système de mesure est installé et à la méthode de contrôle que le gestionnaire souhaite employer.

Ainsi, pour cette étape 52, des supports de croissance peuvent être insérés au même moment et/ou à des temps différents (t , $t+1$, $t+2$, ...) par exemple pour :

- servir de témoins ;
- 5 - permettre de vérifier que les mesures sont reproductibles ;
- servir de sécurité.

Lors de cette étape et tel que vu précédemment, peuvent notamment être mesurés :

- l'épaisseur du biofilm (de l'ordre du micromètre à
- 10 l'encrassement du circuit) ;
- la vitesse de croissance du biofilm ;
- l'indice d'élasticité du biofilm ;
- les caractéristiques chimiques du biofilm.

- Tel qu'expliqué précédemment, l'analyse du biofilm lors de ces
- 15 étapes étant non destructive, il est possible de suivre l'évolution du biofilm après un changement des paramètres du réseau relatif au fluide (composition, température, ...) ou de suivre l'évolution du biofilm suite à un traitement du réseau ayant pour objectif de nettoyer les canalisations de ce biofilm.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de collecte de biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel, le dispositif de collecte comprenant une dérivation (1) à
5 mettre en place sur une canalisation (2) dans laquelle un fluide est susceptible de se déplacer et de provoquer la croissance d'un biofilm, caractérisé en ce que la dérivation comprend :
 - au moins un support de croissance (10) de biofilm ;
 - des moyens de mesure de la vitesse V_d (11) de déplacement du
10 fluide dans la dérivation ;
 - des moyens de contrôle et/ou d'ajustement du débit (12) du fluide dans la dérivation pour que le régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent.
- 15 2. Dispositif de collecte de biofilm selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support de croissance (10) de biofilm affleure la surface d'une paroi (13) de la dérivation (1).
- 20 3. Dispositif de collecte de biofilm selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le support de croissance (10) de biofilm prend la forme d'un embout d'électrode à disque tournant (100).
- 25 4. Dispositif de collecte de biofilm selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la dérivation (1) comporte un piquage (14) de type clarinette de collecte supportant au moins un support de croissance (10).
- 30 5. Système de mesure de biofilm (3) pour un réseau de canalisations de type industriel, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - au moins un dispositif de collecte de biofilm selon l'une quelconque des revendications précédentes ;

- un dispositif de mesure du biofilm (4) destiné à déterminer l'épaisseur du biofilm déposé sur le support de croissance.
- 5 6. Système de mesure de biofilm selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif de mesure du biofilm est un dispositif mobile comportant :
- un contrôleur de vitesse pour électrode à disque tournant (40) ;
 - un potentiostat (41) ;
 - une cellule de mesure (42) ;
- 10 - une unité de stockage (43) des électrodes et de l'électrolyte.
- 15 7. Système de mesure de biofilm selon l'une des revendication 5 et 6, caractérisé en ce que le dispositif de mesure du biofilm comprend des moyens de pilotage de la mesure (44) et des moyens de traitement et d'archivage des données (45).
- 20 8. Système de mesure de biofilm selon l'une des revendication 5 et 6, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs dispositifs de collecte implantés en plusieurs points stratégiques pour réaliser une cartographie des réseaux.
- 25 9. Procédé de mesure de biofilm pour un réseau de canalisations de type industriel au moyen d'un système de mesure de biofilm selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape de mise en place sur les canalisations du réseau d'au moins un dispositif de collecte de biofilm selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 ;
 - une étape de contrôle et/ou d'ajustement du débit du fluide dans la dérivation pour que le régime hydraulique d'écoulement du fluide dans la dérivation soit de type turbulent ;
- 30 - une étape de mesure des caractéristiques du biofilm.

10. Procédé de mesure de biofilm selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'étape de mesure des caractéristiques du biofilm comprend la détermination de l'épaisseur et de l'état de minéralisation dudit biofilm, et notamment :

- 5
- épaisseur du biofilm de l'ordre du micromètre ;
 - vitesse de croissance du biofilm ;
 - indice d'élasticité du biofilm ;
 - caractéristiques chimiques du biofilm.

10 et en ce que le procédé comporte une étape de détermination, d'utilisation et de contrôle d'un moyen technique d'éradication dudit biofilm en fonction des caractéristiques du biofilm.

Fig. 1

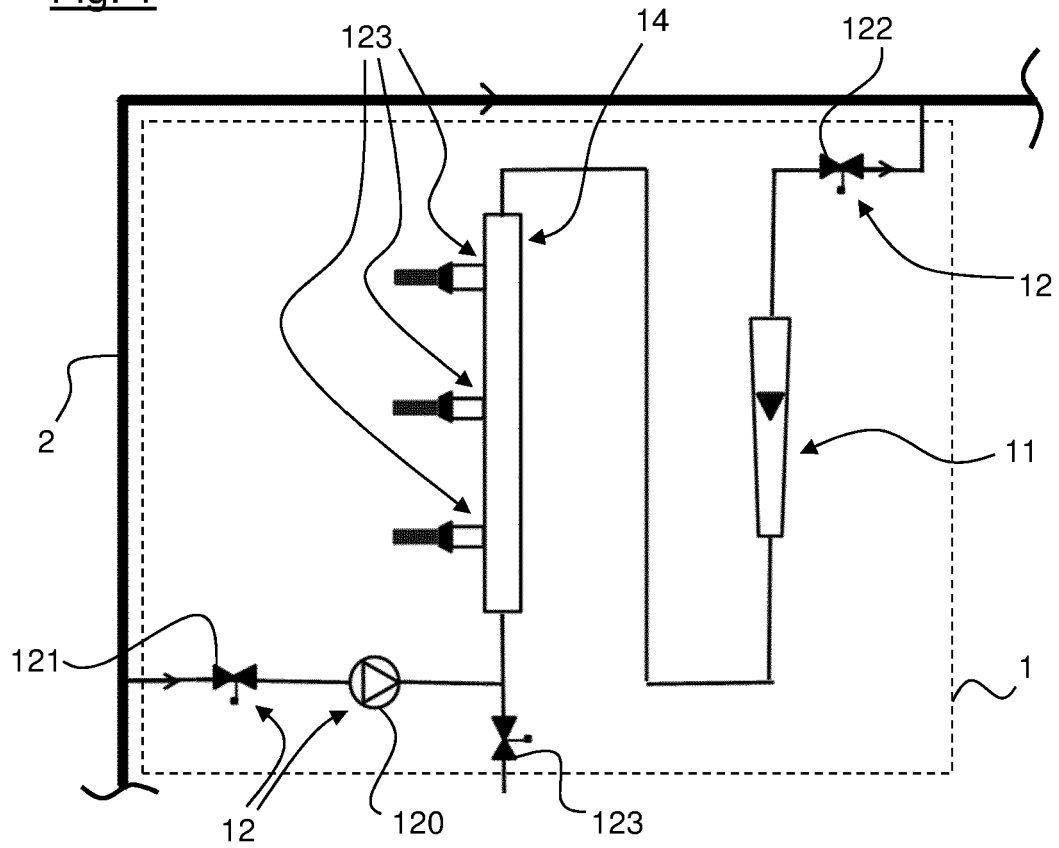


Fig. 2

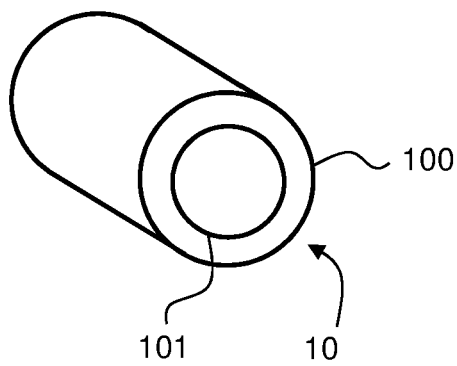


Fig. 3

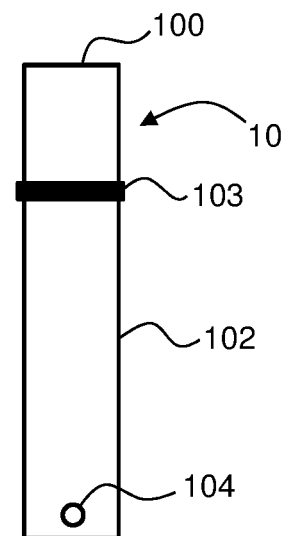


Fig. 4

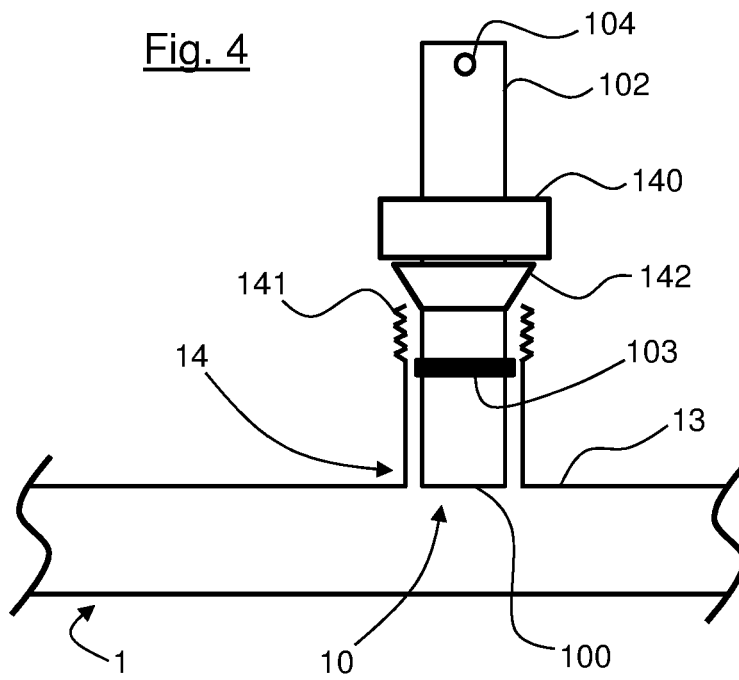


Fig. 5

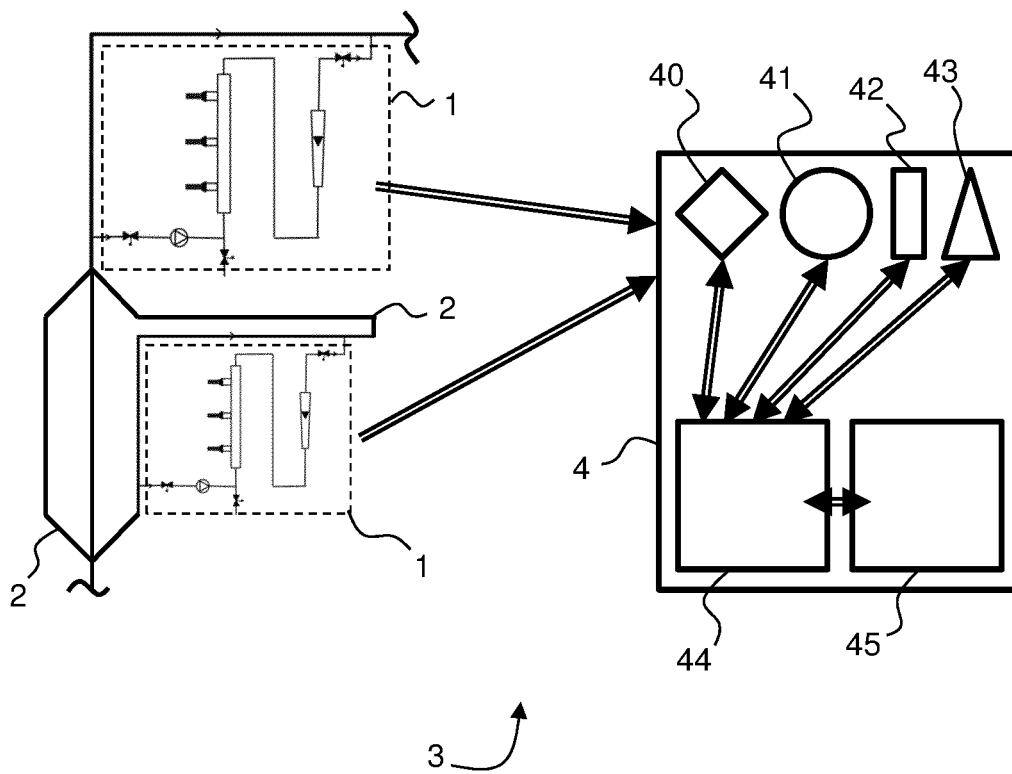
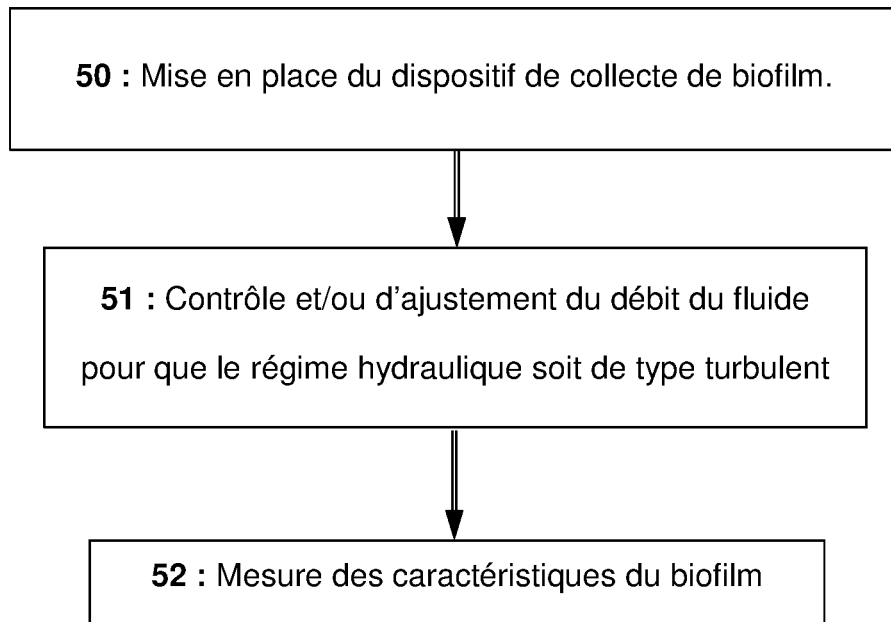


Fig. 6



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

MARKKU J LEHTOLA ET AL: "Formation of biofilms in drinking water distribution networks, a case study in two cities in Finland and Latvia", JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY ; OFFICIAL JOURNAL OF THE SOCIETY FOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY, SPRINGER, BERLIN, DE, vol. 31, no. 11, 1 décembre 2004 (2004-12-01), pages 489-494, XP019357651, ISSN: 1476-5535, DOI: 10.1007/S10295-004-0173-2

CN 103 740 584 A (UNIV CHONGQING) 23 avril 2014 (2014-04-23)

WO 93/01497 A2 (KIWA NV [NL]) 21 janvier 1993 (1993-01-21)

US 5 487 981 A (NIVENS DAVID E [US] ET AL) 30 janvier 1996 (1996-01-30)

WO 2010/142004 A2 (KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN [BE]; UNIV GENT [BE]; AERTS JEAN-MARIE) 16 décembre 2010 (2010-12-16)

WO 2007/029143 A2 (UNIV DO PORTO [PT]; MAGALHAES MENDES JOAQUIM GABRI [PT]; FERREIRA DE M) 15 mars 2007 (2007-03-15)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

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

NEANT