

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.05.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 02.12.22 Bulletin 22/48.

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) : VEOLIA WATER SOLUTIONS &  
TECHNOLOGIES SUPPORT société par action  
simplifiée à action unique — FR.

72 Inventeur(s) : SAUVIGNET Philippe et LEPARC  
Jérôme.

73 Titulaire(s) : VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH-  
NOLOGIES SUPPORT société par action simplifiée à  
action unique.

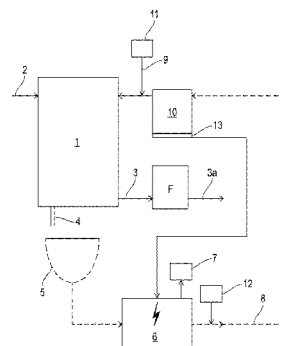
74 Mandataire(s) : Cabinet Vidon Brevets et Stratégies.

54 Procédé de traitement d'eau par adsorption sur charbon actif en micro-grains intégrant une régénération  
par micro-ondes du charbon actif.

57 Procédé de traitement d'eau en vue d'en abattre la teneur en pollution organique dissoute et en micropolluants comprenant la mise en contact de l'eau avec du charbon actif dans un unique contacteur, l'extraction d'eau traitée du contacteur, l'extraction, la déshumidification, le séchage du charbon actif usagé et la désorption par micro-ondes de la pollution adsorbée sur le charbon actif sans stopper la mise en contact de l'eau avec le charbon actif et le recyclage de charbon actif ainsi régénéré dans le contacteur, l'ensemble du procédé étant mis en œuvre dans une même installation, caractérisé en ce que : le charbon actif est du charbon actif en micro-grains auto-drainants présentant un indice d'iode compris entre 900 et 1000 mg/g, une granulométrie comprise entre 300 µm et 1000 µm, une granulométrie moyenne (D50) comprise entre 500 µm et 600 µm et une proportion strictement inférieure à 5% en poids de grains présentant une taille inférieure à 400 µm ; l'extraction, la déshumidification, le séchage, la désorption et le recyclage du charbon actif en micro-grains sont mises en œuvre sans matériel provoquant le brassage important du charbon actif, la déshumidification comprenant un simple égouttage du charbon actif ; le séchage est effectué par micro-ondes, le séchage et la désorption étant menés dans un même équipement micro-ondes fonctionnant selon un cycle de séchage afin d'obtenir un charbon actif séché pré-

sentant un taux résiduel d'humidité inférieur à 5 % en poids suivi d'un cycle de désorption ; le séchage par micro-ondes et la désorption par micro-ondes sont mises en œuvre sous atmosphère contrôlée ; et en ce qu'il comprend la destruction des composés organiques volatils émis lors de la désorption par micro-ondes.

Figure pour l'abrégié : [Fig. 1]



## **Description**

### **Titre de l'invention : Procédé de traitement d'eau par adsorption sur charbon actif en micro-grains intégrant une régénération par micro-ondes du charbon actif.**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention concerne le domaine du traitement des eaux.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de traitement d'eau en vue d'en abattre la teneur en matières organiques notamment, le cas échéant, la teneur en micropolluants (pesticides et leurs métabolites, perturbateurs endocriniens, résidus de médicaments, résidus de produits industriels...).

Le procédé selon l'invention s'inscrit dans le cadre des procédés de traitement d'eau mettant en œuvre un matériau granulaire permettant l'adsorption des matières organiques et des micropolluants qu'elle contient.

Le procédé selon l'invention trouve son application notamment dans le domaine de la potabilisation de l'eau, dans le domaine du traitement tertiaire des eaux usées et dans le domaine du traitement des eaux industrielles en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation.

#### **Art antérieur**

[0002] On connaît dans l'art antérieur différents procédés de traitement d'eau mettant en œuvre des matériaux adsorbants pour éliminer les matières organiques et, le cas échéant les micropolluants, qu'elle contient.

[0003] Parmi ces matériaux adsorbants, le charbon actif est un matériau privilégié du fait de sa surface spécifique très élevée proportionnelle à sa capacité d'adsorption.

[0004] Il est ainsi connu d'utiliser dans le cadre du traitement de l'eau du charbon actif en poudre (CAP). Selon l'homme de l'art du traitement de l'eau, le charbon actif en poudre est constitué de particules présentant une taille moyenne comprise entre 5  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$ , préférentiellement entre 15  $\mu\text{m}$  et 25  $\mu\text{m}$ .

[0005] Ces techniques mettent en œuvre des réacteurs contenant du CAP dans lesquels l'eau à traiter est mise en contact avec le CAP pendant un temps suffisamment long pour permettre la bonne adsorption sur le CAP des matières à éliminer qu'elle contient. Cette mise en contact peut être effectuée sur lit fluidisé de CAP ou par injection de CAP dans un réacteur. Dans ce dernier cas, le mélange d'eau et de CAP fait, après l'étape de mise en contact, l'objet d'une étape de séparation conduisant d'une part à l'obtention d'un charbon actif en poudre chargé en matières adsorbées et d'autre part d'eau clarifiée. Cette étape de séparation peut être effectuée de différentes manières, principalement par décantation ou par filtration membranaire ou mécanique, ou même

par fluidisation (changement de vitesse hydraulique).

S'il peut être recyclé un certain nombre de fois, le CAP perd toutefois assez rapidement son pouvoir adsorbant et il est nécessaire de remplacer régulièrement une partie du CAP mis en œuvre au sein du réacteur par du CAP neuf. Des quantités de CAP neuf doivent donc être injectées régulièrement dans le réacteur pour compenser la perte d'adsorption du CAP usagé.

[0006] Bien que ce type de procédé autorise le remplacement d'une partie du CAP usagé par du CAP neuf sans devoir mettre à l'arrêt les installations qui le mettent en œuvre, il présente par ailleurs d'autres inconvénients.

Notamment, le CAP usagé ne peut pas être régénéré en ce sens qu'on ne connaît pas de traitement efficace économiquement permettant de redonner au CAP son pouvoir adsorbant d'origine ou proche de celui-ci. Il en résulte la production de boues de CAP qui doivent être évacuées hors de l'usine, être déshydratées avant d'être transportées, ce qui augmente les coûts associés à leur mise en décharge ou à leur incinération.

[0007] Le CAP étant un matériau cher, son utilisation dans le cadre du traitement de l'eau se heurte donc à des impératifs économiques, les techniques le mettant en œuvre présentant l'inconvénient d'impliquer, de ce fait, des coûts de fonctionnement élevés.

[0008] D'autres procédés mettent en œuvre du charbon actif non pas sous forme de poudre mais sous forme de grains. Selon l'homme de l'art du traitement de l'eau, le charbon actif en grains (CAG) est constitué de grains de charbon présentant une taille beaucoup plus élevée que celle des particules de charbon actif en poudre et en pratique généralement comprise entre 1000  $\mu\text{m}$  et 3000  $\mu\text{m}$ . Depuis quelques années un nouveau type de charbon actif est aussi mis en œuvre dans le cadre du traitement de l'eau. Ce charbon actif ne correspond ni à la définition classique d'un charbon actif en poudre (CAP) ni à la définition classique d'un charbon actif en grains (CAG). Il se présente sous la forme de micro-grains ayant une granulométrie inférieure à celle du CAG et bien plus importante que celle du CAP généralement comprise entre 300  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ . Ils présentent par ailleurs des surfaces spécifiques du même ordre que celles du CAP. Ce charbon actif en micro-grains (« CA $\mu$ G ») permet une excellente adsorption de la matière organique et des micropolluants.

[0009] Les charbons actifs en grains ou en micro-grains présentent l'avantage de présenter d'excellentes qualités d'adsorption.

[0010] Ils présentent par contre l'inconvénient d'être relativement rapidement saturés par les matières qui s'y sont adsorbées. Lorsqu'ils sont saturés, les objectifs de traitement et d'élimination des matières organiques et des micropolluants ne peuvent plus être satisfaits. De plus, lorsque le charbon actif en grains ou en micro-grains est saturé, un relargage des substances organiques adsorbées dans l'eau en cours de traitement peut se produire. Un tel relargage peut avoir des résultats négatifs sur la qualité finale de

l'eau traitée. Pour éviter un tel relargage, le renouvellement du charbon actif en grains ou en micro-grains doit intervenir fréquemment.

- [0011] L'inconvénient du charbon actif en grains et du charbon actif en micro-grains constitué par le fait qu'ils se saturent relativement rapidement est compensé par leur aptitude à pouvoir être régénérés. La régénération, encore appelée réactivation, consiste à faire subir à ces matériaux un traitement adéquat permettant de rétablir leurs capacités d'adsorption d'origine ou des capacités d'adsorption proches de celles-ci. Pour ce faire, le procédé le plus couramment mis en œuvre consiste en une régénération thermique, pratiquée dans un four à l'intérieur duquel règne une température élevée (aux alentours de 800 °C) permettant aux molécules adsorbées d'être désorbées et/ou détruites par la chaleur. De la vapeur d'eau peut être utilisée pour parfaire cette régénération, le charbon actif en grains ou en micro-grains pouvant alors retrouver une structure très proche de sa structure initiale libre de tout polluant. La régénération du charbon actif en grains ou en micro-grains peut aussi être effectuée par lavage acide ou basique ce qui, toutefois, ne permet généralement pas de retrouver toutes ses performances initiales.
- [0012] Les opérations de régénération du charbon actif ne sont généralement pas effectuées sur site. Le charbon actif en grains extrait des installations est en pratique stocké et, lorsque la quantité stockée est suffisante, chargé, transporté et déchargé dans une usine où il peut subir un procédé de régénération. Ces différentes opérations de stockage et de transport allongent et complexifient considérablement les temps et la logistique nécessaires à l'obtention d'un charbon actif régénéré. Par ailleurs, la régénération n'est mise en œuvre que sur des quantités importantes de charbon actif usagé ce qui ne répond pas bien aux besoins fréquents de faibles quantités de charbon actif régénéré.
- [0013] Un problème subséquent à ces opérations de stockage et de transport, puis de régénération, jusqu'ici peu documenté est constitué par le fait qu'elles provoquent l'augmentation de la proportion de particules fines dans le charbon actif régénéré par rapport au charbon actif neuf. En pratique, tous les charbons actifs en grains ou en micro-grains disponibles sur le marché comprennent une petite proportion de particules fines. L'inconvénient principal lié à la présence de ces particules est que, du fait de leur finesse, elles peuvent se retrouver dans l'eau traitée et ainsi dégrader la qualité du traitement. Les charbons actifs en grains ou en micro-grains neufs de bonne qualité présentent un taux réduit de telles particules fines. Or, lorsqu'ils reviennent des filières de régénération, les charbons actifs en grains ou en micro-grains présentent des taux plus élevés de telles particules fines. L'abrasion des charbons actifs en grains ou en micro-grains, source de perte de matériaux adsorbants, provient en grande partie des multiples manipulations (chargement, déchargement, transvasement, pelletage, etc.) que le charbon actif connaît lors de son acheminement vers ces filières et lors de son

traitement dans celles-ci, notamment quand ce traitement est un traitement thermique effectué dans des fours rotatifs. La structure de ces fours et leur fonctionnement font que le charbon actif qui y est traité y subit un brassage important. Ce brassage provoque une abrasion des grains de charbon actif et donc l'apparition de particules fines dans celui-ci.

- [0014] On notera aussi que, dans beaucoup d'installations de l'état de la technique, le renouvellement du charbon actif en grains ou micro-grains qu'elles mettent en œuvre, c'est-à-dire le remplacement du charbon actif saturé par du charbon actif neuf ou du charbon actif régénéré, ne peut se faire sans stopper leur fonctionnement. Il s'ensuit tous les inconvénients liés à une telle interruption et principalement la perte de productivité des installations.
- [0015] Pour remédier notamment à ce problème, il a été proposé dans l'art antérieur des installations de traitement d'eau incluant un contacteur dans lequel du charbon actif en grains ou en micro-grains est mis en contact avec de l'eau à traiter et pourvues de moyens grâce auxquels du charbon actif usagé peut être petit à petit extrait du contacteur, être grossièrement nettoyé, par exemple par hydrocyclonage, puis renvoyé dans le contacteur via une canalisation de recyclage. Une purge permet d'évacuer régulièrement le charbon actif saturé ou partiellement saturé et des moyens sont prévus pour apporter du charbon actif neuf ou régénéré dans le contacteur afin de compenser le charbon actif purgé. Il est ainsi possible de prolonger le temps de séjour du charbon actif dans l'installation et de procéder progressivement à son renouvellement dans celle-ci sans devoir nécessairement interrompre son fonctionnement. De telles installations sont notamment commercialisées sous les dénominations FILTRAFLO®CARB et OPACARB®FL.
- [0016] Un inconvénient du nettoyage du charbon actif en vue de son recyclage est qu'un tel nettoyage produit des boues qui constituent un effluent devant lui-même être traité pour en abattre la teneur en matières polluantes. De plus, le nettoyage du charbon actif au sein de l'installation ne constitue pas une régénération du charbon actif, en ce sens qu'il ne permet de restaurer qu'une faible proportion des capacités d'adsorption du charbon actif utilisé.
- [0017] Il a également été proposé dans l'art antérieur des installations de traitement d'eau par adsorption sur charbon actif dans lesquelles le charbon actif est régénéré au sein même de l'installation sans donc qu'il soit besoin pour ce faire de l'en extraire. A ce sujet, on peut citer CN1260138C qui décrit une technique dans laquelle un contacteur contenant du charbon actif est tantôt soumis à des cycles d'adsorption durant lesquels une eau à traiter transite dans le contacteur et tantôt soumis à des cycles de régénération du charbon actif par micro-ondes durant lesquels aucun fluide ne circule dans le contacteur. Un tel contacteur doit donc être équipé de moyens permettant de

produire en son sein des micro-ondes et être réalisé en des matériaux permettant l'action des micro-ondes. De plus, les étapes d'adsorption et de régénération sont, selon cette technique, liées par la même géométrie de contacteur. Enfin, le traitement de l'eau doit être interrompu pour procéder à la régénération du charbon actif. En pratique, l'utilisation d'une telle technique est donc cantonnée à l'échelle du laboratoire et n'est pas économiquement envisageable à une échelle industrielle.

- [0018] On connaît aussi par US7303684B2 une installation associant deux contacteurs montés en parallèle permettant le traitement d'eau par adsorption sur du charbon actif grâce à laquelle le passage de fluide à traiter peut-être interrompu alternativement dans chacun des deux contacteurs pour procéder à la régénération par micro-ondes du charbon actif qu'il contient, l'adsorption étant poursuivie dans l'autre contacteur. Outre les inconvénients de la technique cités au paragraphe précédent, une telle installation présente aussi l'inconvénient de devoir mettre en œuvre deux contacteurs et non un seul.

### **Objectifs de l'invention**

- [0019] Un objectif de la présente invention est de proposer un procédé de traitement d'eau pour abattre la teneur en pollution organique dissoute et en micropolluants de cette eau par adsorption sur un charbon actif, dans lequel le charbon actif mis en œuvre peut être régénéré, et qui permette de minimiser le relargage, par le charbon actif régénéré, de substances polluantes et de particules fines de charbon dans l'eau traitée.
- [0020] Un autre objectif de la présente invention est de décrire un tel procédé qui réduise très significativement les besoins de chargement, déchargement, transport du charbon actif pour procéder à la régénération de celui-ci.
- [0021] Encore un autre objectif de la présente invention est de divulguer un tel procédé qui permette, dans au moins certains de ses modes de réalisation, d'augmenter la qualité du charbon actif régénéré, en maximisant la restauration de ses propriétés d'adsorption d'origine.
- [0022] Encore un autre objectif de la présente invention est de décrire un tel procédé qui, dans au moins certains de ses modes de réalisation, conduise à minimiser les quantités de charbon actif neuf devant être mises en œuvre.
- [0023] Encore un objectif de la présente invention est de proposer un tel procédé qui permette, dans au moins certains de ses modes de réalisation, de régénérer de petites quantités de charbon actif et ainsi de s'adapter en continue et de façon synchronisée au fonctionnement de l'installation de traitement d'eau mettant en œuvre un tel procédé dans des conditions économiquement acceptables.
- [0024] Enfin, un objectif de la présente invention est de divulguer un tel procédé qui puisse fonctionner sans l'utilisation de produits chimiques et sans production de boues ou autres résidus solides.

## Exposé de l'invention

- [0025] Ces différents objectifs, ou à tout le moins certains d'entre eux, sont atteints grâce à l'invention qui concerne un procédé de traitement d'eau en vue d'en abattre la teneur en pollution organique dissoute et en micropolluants comprenant une étape de mise en contact de ladite eau avec du charbon actif dans un unique contacteur, une étape d'extraction d'eau traitée dudit contacteur, une étape d'extraction de charbon actif usagé dudit contacteur, une étape de déshumidification dudit charbon actif usagé extrait dudit contacteur, une étape de séchage du charbon actif usagé déshumidifié, une étape de désorption par micro-ondes de la pollution adsorbée sur ledit charbon actif déshumidifié et séché, et une étape de recyclage de charbon actif ainsi régénéré dans ledit contacteur, lesdites étapes d'extraction, de déshumidification, de séchage et de désorption du charbon actif étant mises en œuvre sans stopper ladite étape de mise en contact de ladite eau avec ledit charbon actif et l'ensemble dudit procédé étant mis en œuvre dans une même installation
- [0026] caractérisé en ce que :
- [0027] ledit charbon actif est du charbon actif en micro-grains (CA $\mu$ G) auto-drainants présentant un indice d'iode compris entre 900 et 1000 mg/g, une granulométrie comprise entre 300  $\mu$ m et 1000  $\mu$ m, une granulométrie moyenne (D50) comprise entre 500  $\mu$ m et 600  $\mu$ m et une proportion strictement inférieure à 5% en poids de grains présentant une taille inférieure à 400  $\mu$ m,
- [0028] lesdites étapes d'extraction, de déshumidification, de séchage, de désorption et de recyclage du charbon actif en micro-grains sont mises en œuvre sans matériel provoquant le brassage important du charbon actif, ladite étape de déshumidification comprenant un simple égouttage du charbon actif extrait du contacteur ;
- [0029] ladite étape de séchage est une étape de séchage par micro-ondes, ladite étape de séchage par micro-ondes et ladite étape de désorption par micro-ondes étant menées dans un même équipement émetteur de micro-ondes fonctionnant selon un cycle de séchage afin d'obtenir un charbon actif séché présentant un taux résiduel d'humidité inférieur à 5 % en poids suivi d'un cycle de désorption ;
- [0030] ladite étape de séchage par micro-ondes et ladite étape de désorption par micro-ondes sont mises en œuvre sous atmosphère contrôlée ;
- [0031] et en ce qu'il comprend une étape de destruction des composés organiques volatils émis lors de ladite étape de désorption par micro-ondes.
- [0032] Le procédé selon l'invention permet de minimiser le relargage par le charbon actif en micro-grains régénéré de substances polluantes et de particules fines de charbon dans l'eau traitée.
- [0033] Un tel procédé présente l'avantage de mettre en œuvre un charbon actif régénéré dont

les caractéristiques de granulométrie et d'adsorption sont essentiellement les mêmes que celles du charbon actif d'origine. Ainsi, le procédé de l'invention peut permettre de minimiser grandement les quantités de charbon actif neuf devant être apportées au cours de sa mise en œuvre, voire de s'en affranchir totalement sur des durées relativement longues pouvant aller jusqu'à plusieurs mois.

- [0034] En effet, les différentes caractéristiques du procédé selon l'invention concourent d'une part à limiter l'abrasion du charbon actif en micro-grains lors de son extraction du contacteur et des étapes permettant sa régénération et d'autre part à permettre l'obtention d'un charbon actif en micro-grains régénéré ayant retrouvé l'essentiel de ces capacités d'adsorption et débarrassé de toute la matière polluante qui s'y était adsorbée.
- [0035] En premier lieu, le charbon actif en micro-grains utilisé est très spécifique et a été choisi après de nombreux tests pour ses aptitudes cumulées à peu s'abriter et à présenter d'excellentes qualités d'adsorption des matières organiques et notamment des micropolluants contenus dans les eaux à traiter.
- [0036] En second lieu, et bien que le charbon actif en micro-grains préconisé présente déjà une résistance à l'abrasion très importante, tout brassage important du charbon durant son extraction du contacteur, sa déshumidification, son séchage et la désorption des matières polluantes qui y sont adsorbées, est selon la présente invention proscrit. A la connaissance des inventeurs, il n'avait jamais été envisagé qu'un tel brassage important pouvait concourir à l'apparition du problème technique consécutif à l'abrasion du charbon actif, à savoir l'apparition de particules fines dans le charbon actif régénéré susceptibles de passer dans l'eau traitée et de dégrader la qualité du traitement. Il est souligné que l'art antérieur préconisait pour ces étapes indifféremment des matériels provoquant un tel brassage important, tels que notamment des canalisations pourvues de pompes pour extraire le charbon actif des contacteurs et des séchoirs à lits fluidisés ou des fours rotatifs pour le sécher et désorber les matières polluantes, que d'autres matériels n'en provoquant pas. Il apparaît clairement de cet art antérieur que le problème posé par le brassage important du charbon actif lors de son extraction et lors des différentes étapes conduisant à sa régénération avait été jusqu'ici, en pratique, totalement négligé. A l'encontre de l'*a priori* selon lequel un tel brassage important était sans incidence sur la qualité du charbon actif en grains, les inventeurs ont pu mettre en évidence le contraire.
- [0037] En conséquence, selon l'invention, la déshumidification du charbon actif en micro-grains extrait du contacteur est effectuée simplement en égouttant celui-ci. Un tel égouttage ne provoque aucun brassage important du matériau. Un tel mode de déshumidification n'est possible que parce que les micro-grains du charbon actif préconisé dans la cadre de la présente invention sont auto-drainants. En pratique on entend par

auto-drainants le fait que, posés sur un tamis dont les mailles retiennent les grains tout en laissant passer l'eau, une partie de l'eau à laquelle ils ont été mélangés peut s'en écouler par simple gravité. Ainsi, un simple égouttage permet de le déshumidifier. Il s'agit là d'une propriété que ne possèdent que quelques charbons actifs en grains disponibles sur le marché.

- [0038] En troisième lieu, les étapes de séchage et de désorption du charbon actif en micro-grains sont toutes deux effectuées dans un même équipement émettant des micro-ondes. Ainsi, aucune opération de transfert, et donc aucun brassage important du matériau, ne se produit entre ces deux étapes.
- [0039] En quatrième lieu, l'étape de désorption des matières polluantes adsorbées sur le charbon actif en micro-grains étant effectuée grâce à l'action de micro-ondes en prenant soin de détruire les composés volatils ainsi désorbés, le procédé selon l'invention permet de restaurer les capacités d'adsorption du charbon actif en micro-grains et d'éviter ultérieurement tout relargage de matières polluantes dans l'eau traitée par ce charbon actif ainsi régénéré.
- [0040] On notera que l'utilisation des micro-ondes a déjà été envisagée dans l'art antérieur aux fins de régénérer du charbon actif utilisé dans le cadre de procédés de traitement d'eau. Les micro-ondes présentent en effet l'avantage de pouvoir chauffer uniformément ce type de matériau et de désorber les matières qui s'y sont adsorbées. La présente invention propose de mettre en œuvre ces micro-ondes sous atmosphère contrôlée, c'est-à-dire pauvre en oxygène, afin d'éviter toute combustion du charbon actif et de compléter cette mise en œuvre par une destruction des composés volatils résultant de l'application des micro-ondes. Ainsi, il est possible de régénérer le charbon actif en micro-grains et d'éviter tout relargage ultérieur de polluants dans l'eau traitée.
- [0041] Selon une variante préférentielle du procédé, une température comprise entre 90°C et 150°C est uniformément maintenue au sein du charbon actif en micro-grains pendant une durée comprise entre 2 mn et 30 mn grâce audit équipement émetteur de micro-ondes au cours dudit cycle de séchage.
- [0042] Également préférentiellement, une température comprise entre 600°C et 900 °C est uniformément maintenue au sein du charbon actif en micro-grains pendant une durée comprise entre 1 mn et 20 mn grâce audit équipement émetteur de micro-ondes au cours de ladite étape de désorption.
- [0043] Avantageusement, ladite étape d'extraction de charbon actif en micro-grains usagé dudit contacteur consiste à transférer ledit charbon actif en micro-grains provenant dudit contacteur directement dans une structure filtrante.
- [0044] Également avantageusement, le procédé comprend une étape de filtration de l'eau traitée provenant de ladite étape d'extraction d'eau traitée dudit contacteur.

- [0045] Selon une variante, au cours de ladite étape de mise en contact de l'eau à traiter avec ledit charbon actif en micro-grains dans ledit contacteur, ledit charbon actif en micro-grains est sous forme d'un lit fixe.
- [0046] Selon une autre variante, au cours de ladite étape de mise en contact de l'eau à traiter avec ledit charbon actif en micro-grains dans ledit contacteur, ledit charbon actif en micro-grains est sous forme d'un lit fluidisé ou semi-fluidisé.
- [0047] Également selon une variante, ladite étape d'extraction de charbon actif en micro-grains usagé dudit contacteur est mise en œuvre de façon essentiellement continue.
- [0048] Préférentiellement, le procédé comprend une étape de mise à température ambiante du charbon actif provenant de ladite étape de désorption.
- [0049] L'énergie émise par ledit charbon actif en micro-grains lors de ladite étape de sa mise à température ambiante est alors avantageusement utilisée pour mettre en œuvre une étape de pré-séchage des micro-grains de charbon actif prévue juste avant ladite étape de séchage de ces micro-grains.
- [0050] Préférentiellement, ladite étape de pré-séchage est mise en œuvre dans ledit équipement émetteur de micro-onde.
- [0051] De façon optionnelle, le procédé comprend aussi une étape d'injection de vapeur d'eau ou de CO<sub>2</sub> dans le charbon actif en micro-grains effectuée après ladite étape de désorption par micro-ondes. Cette injection, qui pourra n'être qu'intermittente, a pour objectif de participer à la réactivation du charbon actif en micro-grains c'est-à-dire à la restauration de ces capacités d'adsorption. Cette injection pourra préférentiellement être effectuée soit au niveau du four micro-ondes, soit directement à la sortie de celui-ci grâce à un contacteur. Elle sera effectuée avant l'étape de mise à température ambiante du charbon actif lorsqu'une telle étape sera mise en œuvre.

### **Brève description des figures**

- [0052] [Fig.1] : la [Fig.1] représente de façon schématique une installation permettant la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

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

- [0053] L'invention va maintenant être décrite plus en détails grâce à la description qui suit d'un mode de réalisation non limitatif de celle-ci donnée en référence à la figure unique.
- [0054] L'installation représentée comprend un contacteur 1 pourvu de moyens d'amenée 2 d'une eau à traiter contenant des matières polluantes comprenant une canalisation d'amenée, et de moyens d'évacuation 3 d'eau traitée ne contenant plus de matières polluantes comprenant une canalisation d'évacuation.
- [0055] Le contacteur 1 contient, outre l'eau à traiter, du charbon actif en micro-grains sur lesquels les matières polluantes contenues dans l'eau peuvent s'adsorber. Comme

indiqué ci-dessus, ce charbon actif en micro-grains pourra, dans le cadre de l'invention, être présent dans le contacteur sous forme de lit fixe ou sous forme de lit fluidisé ou semi-fluidisé.

- [0056] Dans le cadre du présent exemple de réalisation, du charbon actif en micro-grains commercialisé par la société Chemviron Carbon sous la dénomination commerciale MICROSORB<sup>(TM)</sup> 400 R a été utilisé.
- [0057] Conformément aux prescriptions de la présente invention, ce charbon actif est constitué de micro-grains qui ont notamment la particularité d'être auto-drainants. Ce charbon actif en micro-grains présente par ailleurs un indice d'iode compris entre 900 et 1000 mg/g. Les micro-grains le constituant présentent une granulométrie comprise en majorité (D50) entre 500 µm et 600 µm avec une proportion strictement inférieure à 5 % en poids de particules de taille inférieure à 400 µm. Sa surface spécifique est de 900 m<sup>2</sup>/g (méthode BET).
- [0058] Le contacteur 1 est par ailleurs pourvu dans sa partie inférieure d'une canalisation 4 d'extraction de charbon actif en micro-grains usagé, c'est-à-dire de charbon actif en micro-grains dont les capacités d'adsorption ne sont plus suffisantes pour continuer à adsorber les matières polluantes présentes dans l'eau à traiter. Comme déjà indiqué, l'extraction de ce charbon actif usagé pourra être effectué de façon continue, par exemple lorsque le contacteur 1 sera un contacteur du type de celui utilisé dans la technique FILTRAFLO®CARB, ou discontinue par exemple lorsque le contacteur 1 sera un contacteur du type de celui utilisé dans la technique OPACARB ®FL.
- [0059] Des sacs filtrants 5 sont par ailleurs prévus pour recevoir le charbon actif en micro-grains usagé extrait du contacteur 1 par la canalisation 4. Ces sacs filtrants sont pourvus d'ouvertures d'une taille de 100 µm permettant d'égoutter ce charbon actif c'est-à-dire permettant à une partie du liquide présent dans le mélange d'eau et de micro-grains de s'évacuer. Ainsi, il suffit pour déshumidifier ce charbon actif usagé, de laisser celui-ci dans ces sacs filtrants pendant une durée suffisante. On notera que, conformément à la présente invention, le transit du charbon actif usagé du contacteur 1 vers les sacs filtrants 5 se fait sans provoquer de brassage important de celui-ci, c'est-à-dire sans avoir recours par exemple à une canalisation munie d'une pompe. Dans le présent mode de réalisation, le charbon actif en micro-grains usagé est ainsi recueilli par un système d'hydroéjecteur depuis la sortie de la canalisation 4 équipant le contacteur 1.
- [0060] L'installation comprend par ailleurs des moyens 6, incluant un four micro-ondes, de séchage et de désorption des matières adsorbées sur le charbon actif usagé. Ce four micro-ondes peut fonctionner à différentes puissances selon différents programmes. Il est pourvu de moyens (non représentés) permettant de faire régner dans son enceinte une atmosphère pauvre en oxygène.

- [0061] Dans le cadre du présent mode de réalisation, le four micro-ondes utilisé permet d'émettre des micro-ondes de fréquences allant de 300 MHz et 300 GHz.
- [0062] L'enceinte de ce four micro-ondes communique avec des moyens 7 constitués de moyens d'oxydation thermique éventuellement complétés par des moyens d'adsorption et visant à détruire certains composés organiques tels que les gaz d'halogénures comme le chlorure d'hydrogène ou le fluorure d'hydrogène et/ou les oxydes de soufre provenant de cette enceinte.
- [0063] L'installation est également pourvue de moyens 12 d'injection de vapeur d'eau (ou de CO<sub>2</sub>) dans le charbon actif provenant du four micro-ondes en vue de réaliser à l'issue de l'étape de désorption thermique une étape de réactivation du charbon actif par gazéification. Cette étape de gazéification, pourra être réalisée seulement de façon intermittente ; elle n'est pas nécessaire pour chaque cycle de régénération. Elle permet l'élimination des éventuels résidus carbonés formés lors de la désorption et susceptibles d'obstruer une partie des pores du charbon actif.
- [0064] Dans le cadre du procédé selon l'invention, le charbon actif déshumidifié par égouttage dans les sacs filtrants 5 est extrait de ces sacs filtrants et transféré par un convoyeur à bandes dans l'enceinte d'un four micro-ondes. Là encore, aucun brassage important du charbon actif n'a lieu lors du transfert du charbon actif des sacs filtrants vers l'enceinte en question.
- [0065] L'enceinte du four micro-ondes est d'abord utilisée pour pré-sécher le charbon actif en y amenant de l'air chaud présentant une température d'environ 100 à 150°C et sans mettre en œuvre les micro-ondes et à maintenir cet air chaud en contact avec le charbon actif pendant une durée suffisante pour faire baisser son taux d'humidité à 5 à 10% en poids.
- [0066] A l'issue de cette étape de pré-séchage, l'air présent dans l'enceinte du four est extrait de façon à faire régner dans ladite enceinte une atmosphère pauvre en oxygène.
- [0067] Le four en micro-ondes est ensuite mis en œuvre en émettant des micro-ondes dans ladite enceinte, selon un premier cycle en y dispensant des micro-ondes permettant de sécher complètement le charbon actif en micro-grains. Dans le cadre du présent mode de réalisation, ce premier cycle consiste à dispenser au charbon actif en micro-grains présent dans l'enceinte du four, grâce à des micro-ondes, une énergie suffisante pour que sa température monte uniformément à 150°C pendant 10 mn. A l'issue de ce premier cycle, le charbon actif usagé présente un taux d'humidité inférieur à 5 % en poids.
- [0068] Le four micro-ondes est ensuite mis en œuvre selon un second cycle permettant de désorber les matières polluantes adsorbées sur le charbon actif en micro-grains et ainsi de restaurer ces capacités d'adsorption. Dans le cadre du présent mode de réalisation, ce deuxième cycle consiste à dispenser au charbon actif en micro-grains présent dans

l'enceinte du four, grâce à des micro-ondes, une énergie suffisante pour que sa température monte uniformément à environ 850 °C pendant 10 mn. Grâce au fait qu'une atmosphère pauvre en oxygène règne à l'intérieur du four, aucune combustion du charbon actif en micro-grains ne peut se produire. Pendant ce second cycle, une partie des matières polluantes est volatilisée sous l'effet de la température. Ces matières volatiles sont extraites du four 6 puis détruites grâce aux moyens 7 ce qui permet d'éviter qu'elles ne se redéposent sur le charbon actif et viennent ultérieurement à être relarguées dans le contacteur 1.

[0069] À sa sortie du four micro-ondes, de la vapeur d'eau (ou du CO<sub>2</sub>) est injecté grâce aux moyens 12 dans le charbon actif en vue, comme indiqué ci-dessus, d'en éliminer d'éventuels résidus carbonés encore présents dans une partie des pores du charbon actif.

[0070] Après ces étapes, le charbon actif en micro-grains présente des capacités d'adsorption correspondant à environ 90 % de ces capacités d'adsorption d'origine.

[0071] Ce charbon actif régénéré est ensuite acheminé via des moyens 8 tel qu'un convoyeur à bandes vers une cuve de stockage 10 en vue d'être ensuite redistribué dans le contacteur 1.

[0072] Dans cette cuve de stockage 10, le charbon actif est ramené à la température ambiante. La chaleur émise alors peut-être transmise, via un échangeur de chaleur 13, pour chauffer un courant d'air. L'air ainsi chauffé peut être acheminé dans l'enceinte du four micro-ondes 6 pour être mis en œuvre dans l'étape de pré-séchage décrite ci-dessus.

[0073] Un réservoir 11 de stockage de charbon actif neuf est aussi prévu pour amener du charbon actif neuf au contacteur 1 en cas de besoin via une canalisation 9.

[0074] Grâce à l'invention, le charbon actif régénéré arrivant au contacteur 1 présente un taux de particules fines qui n'est quasiment pas supérieur à celui du charbon actif neuf. De plus, la perte en masse de charbon actif est minime tout au long de la chaîne incluant l'extraction du charbon actif, le pré-séchage, le séchage, la régénération et le retour du charbon actif régénéré vers le contacteur 1. Ainsi, l'apport de charbon actif en micro-grains neuf par la canalisation 9 est minimisé. Les coûts de mise en œuvre de l'installation se trouvent ainsi réduits.

[0075] La présente installation a été utilisée pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention sur le site de Gahard (France) de la Déposante afin de traiter une eau de captage prélevée sur ce site sur une durée d'un an.

[0076] Grâce au procédé selon l'invention, il a été possible d'obtenir constamment une eau traitée de bonne qualité en régénérant le charbon actif en micro-grains utilisé au sein de l'installation 6 fois, donc en réduisant de façon drastique, en pratique de 90 %, les apports en charbon actif neuf. Considérant que le charbon actif représente 75 % du

coût de mise en œuvre d'une telle installation, l'économie sur ce coût grâce à l'invention a été estimée à 50 % en prenant en compte le coût de la désorption par micro-ondes.

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de traitement d'eau en vue d'en abattre la teneur en pollution organique dissoute et en micropolluants comprenant une étape de mise en contact de ladite eau avec du charbon actif dans un unique contacteur, une étape d'extraction d'eau traitée dudit contacteur, une étape d'extraction de charbon actif usagé dudit contacteur, une étape de déshumidification dudit charbon actif usagé extrait dudit contacteur, une étape de séchage du charbon actif usagé déshumidifié, une étape de désorption par micro-ondes de la pollution adsorbée sur ledit charbon actif déshumidifié et séché, et une étape de recyclage de charbon actif ainsi régénéré dans ledit contacteur, lesdites étapes d'extraction, de déshumidification, de séchage et de désorption du charbon actif étant mises en œuvre sans stopper ladite étape de mise en contact de ladite eau avec ledit charbon actif et l'ensemble dudit procédé étant mis en œuvre dans une même installation

caractérisé en ce que :

ledit charbon actif est du charbon actif en micro-grains auto-drainants présentant un indice d'iode compris entre 900 et 1000 mg/g, une granulométrie comprise entre 300  $\mu\text{m}$  et 1000  $\mu\text{m}$ , une granulométrie moyenne (D50) comprise entre 500  $\mu\text{m}$  et 600  $\mu\text{m}$  et une proportion strictement inférieure à 5% en poids de grains présentant une taille inférieure à 400  $\mu\text{m}$ ,

lesdites étapes d'extraction, de déshumidification, de séchage, de désorption et de recyclage du charbon actif en micro-grains sont mises en œuvre sans matériel provoquant le brassage important du charbon actif, ladite étape de déshumidification comprenant un simple égouttage du charbon actif extrait du contacteur ;

ladite étape de séchage est une étape de séchage par micro-ondes, ladite étape de séchage par micro-ondes et ladite étape de désorption par micro-ondes étant menées dans un même équipement émetteur de micro-ondes fonctionnant selon un cycle de séchage afin d'obtenir un charbon actif séché présentant un taux résiduel d'humidité inférieur à 5 % en poids suivi d'un cycle de désorption ;

ladite étape de séchage par micro-ondes et ladite étape de désorption par micro-ondes sont mises en œuvre sous atmosphère contrôlée ;

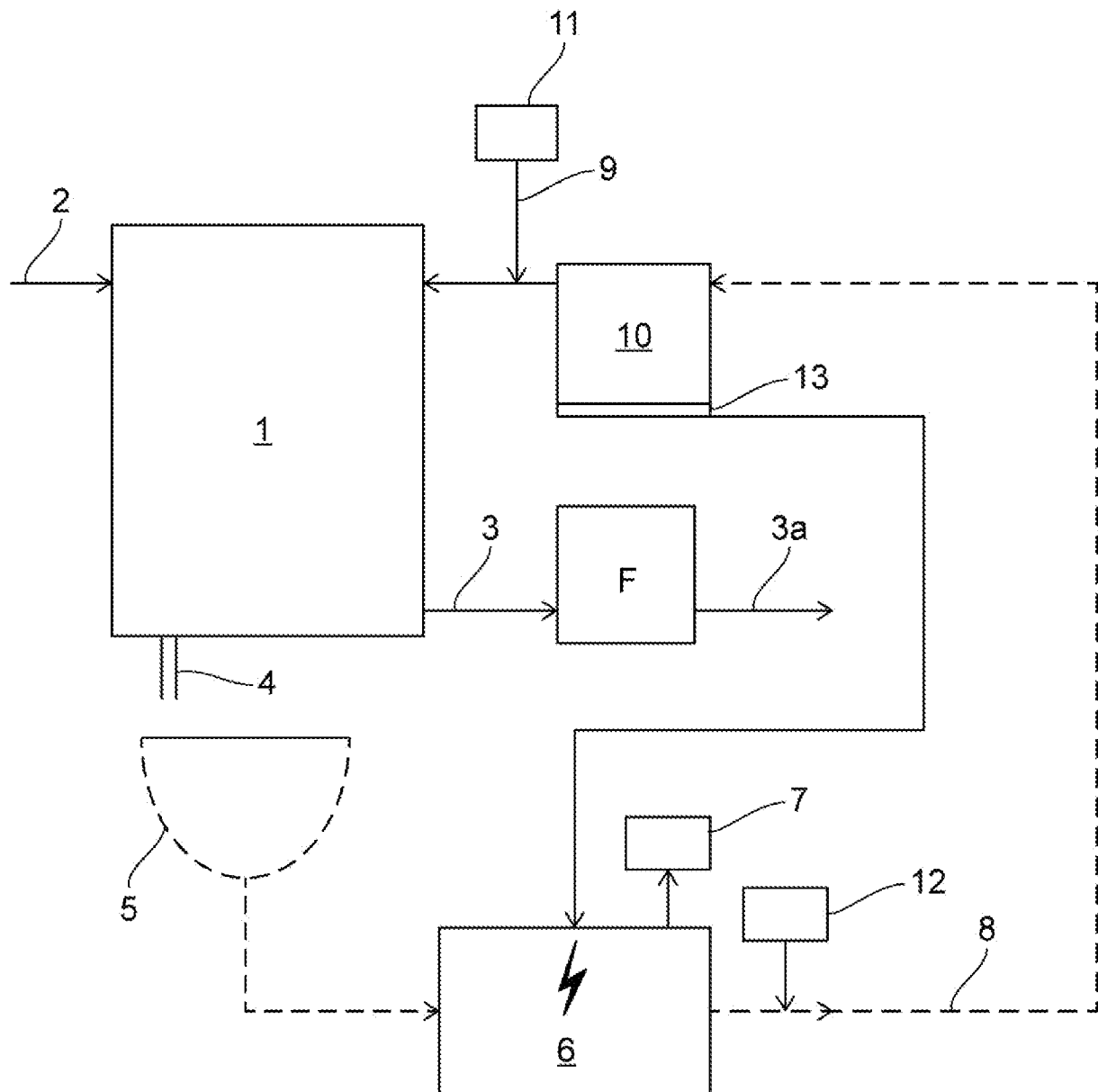
et en ce qu'il comprend une étape de destruction des composés organiques volatils émis lors de ladite étape de désorption par micro-

- ondes.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'au cours dudit cycle de séchage une température comprise entre 90°C et 150°C est uniformément maintenue au sein du charbon actif en micro-grains pendant une durée comprise entre 2 mn et 30 mn grâce audit équipement émetteur de micro-ondes.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'au cours dudit cycle de désorption, une température comprise entre 600°C et 900 °C est uniformément maintenue au sein du charbon actif en micro-grains pendant une durée comprise entre 1 mn et 20 mn grâce audit équipement émetteur de micro-ondes.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que ladite étape d'extraction de charbon actif en micro-grains usagé dudit contacteur consiste à transférer ledit charbon actif en grains provenant dudit contacteur directement dans une structure filtrante.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend une étape de filtration de l'eau traitée provenant de ladite étape d'extraction d'eau traitée dudit contacteur.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'au cours de ladite étape de mise en contact de l'eau à traiter avec ledit charbon actif en micro-grains dans ledit contacteur, ledit charbon actif en micro-grains est sous forme d'un lit fixe.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'au cours de ladite étape de mise en contact de l'eau à traiter avec ledit charbon actif en micro-grains dans ledit contacteur, ledit charbon actif en micro-grains est sous forme d'un lit fluidisé ou semi-fluidisé.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que ladite étape d'extraction de charbon actif en micro-grains usagé dudit contacteur est mise en œuvre de façon essentiellement continue.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mise à température ambiante du charbon actif provenant de ladite étape de désorption.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9 caractérisé en ce que l'énergie émise par ledit charbon actif en micro-grains lors de ladite étape de sa mise à température ambiante est utilisée pour mettre en œuvre une étape de pré-séchage prévue juste avant ladite étape de séchage.
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que ladite étape de pré-séchage est mise en œuvre dans ledit équipement émetteur de micro-

onde.

[Revendication 12] Procédé selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'injection de vapeur d'eau ou de CO<sub>2</sub> dans le charbon actif en micro-grains effectuée après ladite étape de désorption par micro-ondes.

[Fig. 1]



## RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

**FA 895214**

**FR 2105492**

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                            | Revendication(s)<br>concernée(s)       | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                                                                         |                                        |                                                                |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>US 2016/031722 A1 (SCHONFELD RAIK [DE] ET AL) 4 février 2016 (2016-02-04)</b><br><b>* figures 1-3 *</b><br><b>* tableau 2 *</b><br><b>* alinéa [0112] - alinéa [0267] *</b><br><p style="text-align: center;">-----</p> | 1-12                                   | C02F1/28                                                       |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>CN 104 609 497 A (SHANGHAI SANFU ENGINEERING TECHNOLOGY CO LTD) 13 mai 2015 (2015-05-13)</b><br><b>* le document en entier *</b><br><p style="text-align: center;">-----</p>                                            | 1-12                                   |                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                            |                                        | <b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b><br><br><b>C02F</b> |
| Date d'achèvement de la recherche<br><b>4 février 2022</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                            | Examineur<br><b>Châtellier, Xavier</b> |                                                                |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul</p> <p>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</p> <p>A : arrière-plan technologique</p> <p>O : divulgation non-écrite</p> <p>P : document intercalaire</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>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.</p> <p>D : cité dans la demande</p> <p>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                            |                                        |                                                                |

# **ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE** **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2105492 FA 895214**

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 **04-02-2022**  
 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<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2016031722 A1                                | 04-02-2016             | DE 102013006711 A1                      | 18-09-2014             |
|                                                 |                        | DE 202013003676 U1                      | 19-03-2014             |
|                                                 |                        | EP 2931663 A1                           | 21-10-2015             |
|                                                 |                        | US 2016031722 A1                        | 04-02-2016             |
|                                                 |                        | US 2018273400 A1                        | 27-09-2018             |
|                                                 |                        | WO 2014139770 A1                        | 18-09-2014             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| CN 104609497 A                                  | 13-05-2015             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |