



(51) Classification internationale des brevets :
C02F 1/52 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/081793

(22) Date de dépôt international :
19 décembre 2016 (19.12.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1563125 22 décembre 2015 (22.12.2015) FR

(71) Déposant : VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES SUPPORT [FR/FR]; L'Aquarène 1 place Montgolfier, 94417 Saint-Maurice (FR).

(72) Inventeurs : GANDRE, Romain; 107 rue de la Réunion, 75020 Paris (FR). GUEFFIER, Cédric; 7 rue Saint-Fiacre, 77470 Trilpror (FR). JUNG, Daniel; 11 rue Raoul Dufy, 78500 Sartrouville (FR).

(74) Mandataire : LARCHER, Dominique; Technopôle Atlantante, 16B rue de Jouanet, 35703 Rennes (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD AND FACILITY FOR CLARIFICATION OF WATER, COMPRISING A REGULATION PROCESS

(54) Titre : PROCÉDÉ ET INSTALLATION DE CLARIFICATION D'EAUX INTÉGRANT UNE RÉGULATION

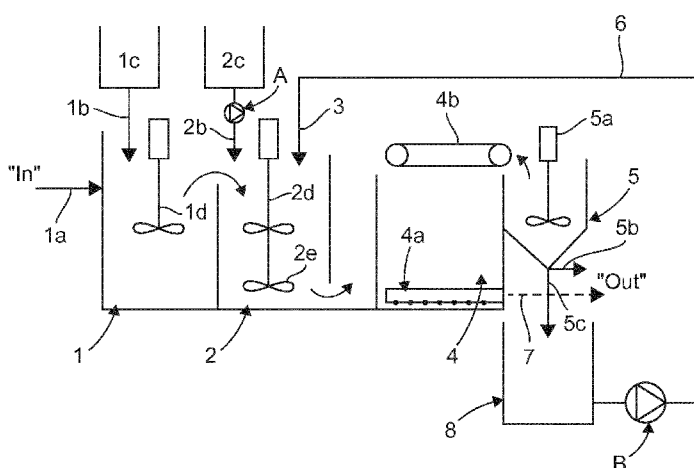


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for the clarification of water by difference in density, comprising a step of adding a coagulant to said water, a step of adding a flocculant, a step of adding a medium for accelerating the clarification, a step of clarification in a clarification zone leading to the production of sludge and clarified water, a step of treatment of said sludge in order to extract said medium, and a step of recirculating said medium back to said step of adding a medium for accelerating the clarification; characterised in that said method comprises a regulation (10) of the dosage of the flocculant during the addition of a flocculant and a regulation (20) of the recirculation flow during the step of recirculating said medium, said regulations (10, 20) being coupled.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Procédé de clarification d'eaux par différence de densité comprenant une étape d'ajout auxdites eaux d'un agent coagulant, une étape d'ajout d'un agent flocculant, une étape d'ajout d'un média accélérant la clarification, une étape de clarification dans une zone de clarification conduisant à la production de boues et d'eau clarifiée, une étape de traitement desdites boues en vue d'en extraire ledit média et une étape de recirculation dudit média vers ladite étape d'ajout de média accélérant la clarification; caractérisé en ce que ledit procédé comprend une régulation (10) du dosage de l'agent flocculant lors de d'ajout d'un agent flocculant et une régulation (20) du débit de recirculation lors de l'étape de recirculation dudit média, lesdites régulations (10, 20) étant couplées.

Procédé et installation de clarification d'eaux intégrant une régulation.

1. Domaine de l'invention

L'invention se rapporte aux procédés de traitement des eaux et plus particulièrement à la clarification de celles-ci par différence de densité, en présence d'un média aidant à ladite clarification.

L'une des étapes classiques des procédés de traitement des eaux est la clarification, qui consiste en l'élimination de particules en suspension. Afin d'accélérer une telle clarification, il est classique d'avoir recours à des réactifs (coagulant, floculant) permettant l'agglomération de la matière à éliminer sous forme de floes, ainsi qu'à différents média permettant de faciliter la séparation de ces floes de l'eau traitée. On parle dans ce cas de floculation assistée.

La qualité d'une eau à traiter pouvant fortement varier au cours du temps, celle-ci doit donc être fréquemment évaluée afin d'adapter le traitement dans le but qu'il permette l'obtention d'une eau traitée ayant une qualité prédéterminée.

La présente invention se rapporte plus précisément à la régulation des procédés de clarification permettant d'observer cette qualité prédéterminée.

2. Art antérieur

D'une façon générale, les procédés de traitement d'eaux par clarification, mettent en œuvre une première zone de coagulation alimentée en eau brute et en agent coagulant, suivie d'une zone de floculation alimentée en agent floculant et une zone de clarification par différence de densité produisant des eaux traitées d'une part et des boues décantées ou des boues flottées d'autre part.

Lors des étapes de coagulation et de floculation, l'eau brute reçoit ainsi des réactifs constitués par des agents coagulant et floculant permettant de provoquer l'agglomération des particules en suspension en agrégats floconneux appelés "floes".

L'étape de clarification est classiquement complétée par l'ajout d'un média accélérant la séparation des floes de l'eau traitée.

Lorsque la clarification est effectuée par flottation, le média injecté est un matériau moins dense que l'eau qui va s'accrocher aux floes et les entraîner vers la surface. Il peut s'agir

notamment de billes de matériau polymérique ou encore d'eau blanche. L'eau traitée est alors récupérée par soutirage, et les boues flottées sont récupérées en surface.

Dans le domaine de la flottation, la plupart des techniques de régulation sont issues de l'industrie minéralurgique ; la stabilisation de la flottation étant réalisée par des techniques dites SISO (pour *Single Input Single Output* en anglais). On peut par exemple citer le contrôle du niveau de l'écume des mousses flottantes par le débit d'air injecté, ou bien le contrôle de la vitesse d'ajout des réactifs selon la turbidité des eaux brutes en entrée.

Lorsque la clarification est effectuée par décantation, le média injecté est un matériau plus dense que l'eau qui va s'accrocher aux floccs et les entraîner vers le fond de la zone de clarification. Il peut s'agir notamment de microsable. L'eau traitée est alors récupérée par surverse, et les boues sont récupérées au fond de la zone.

Dans les deux cas, une étape de traitement des boues décantées ou des boues flottées permet de récupérer le média injecté, pour le réinjecter en amont de la clarification. Quand la flottation est effectuée à l'aide d'eau blanche, une recirculation d'eau traitée est effectuée afin d'y injecter de l'air dissous et disposer ainsi de nouveau d'eau blanche.

Dans les installations et les procédés de traitement d'eaux par clarification existants, le dosage des différents réactifs et média n'est pas ajusté en temps réel. La connaissance de l'homme de l'art et une étude par jar-test permettent de définir un réglage du dosage par excès pour compenser une éventuelle augmentation de la charge en entrée et garantir la qualité des eaux traitées avec une marge de sécurité. En principe, on observe une surconsommation des réactifs et de média. Or, la consommation de réactifs et de média fait partie des postes générant des coûts opérationnels importants. Un surdosage des réactifs ou de média, pour tenter de garantir la qualité des eaux traitées en cas de hausse importante de la quantité de particules en suspension dans l'eau brute, implique donc des dépenses superflues.

De plus, lorsque la charge en particules augmente brusquement en entrée, par exemple lors d'un événement pluvieux dans le cadre du traitement des eaux de surface pour le traitement d'eau potable, la variation rapide de la qualité de l'eau brute peut également dégrader la qualité des eaux traitées, le traitement étant alors partiellement mis en œuvre sans assez de réactifs ou de média.

3. Objectifs de l'invention

Un objectif de l'invention est de proposer une clarification d'eaux permettant d'optimiser les quantités de réactifs et, le cas échéant de média assistant la floculation, utilisés pour maintenir une qualité prédéterminée d'eau traitée.

5 Un autre objectif de la présente invention est de permettre de faire face à des variations de la qualité des eaux brutes beaucoup plus importantes ou beaucoup plus rapides que celles tolérées par les procédés et installations de l'art antérieur.

4. Exposé de l'invention

10 Ces différents objectifs sont atteints grâce à l'invention qui concerne un procédé de clarification d'eaux par différence de densité comprenant

- une étape d'ajout auxdites eaux d'un agent coagulant,
- une étape d'ajout d'un agent floculant,
- une étape d'ajout d'un média accélérant la clarification,
- 15 - une étape de clarification dans une zone de clarification conduisant à la production de boues et d'eau clarifiée,
- une étape de traitement desdites boues en vue d'en extraire ledit média, et
- une étape de recirculation dudit média vers ladite étape d'ajout de média accélérant la clarification ;

20 caractérisé en ce que ledit procédé comprend une régulation du dosage de l'agent floculant lors de l'étape d'ajout d'un agent floculant et une régulation du débit de recirculation lors de l'étape de recirculation dudit média, lesdites régulations étant couplées.

Préférentiellement, la régulation du dosage de l'agent floculant comprend une boucle de régulation fermée utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} , et une mesure
25 de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_1$.

Avantageusement, la boucle fermée de régulation du dosage de l'agent floculant est de type proportionnel, intégral, dérivée.

Egalement avantageusement, la boucle fermée de la régulation du dosage de l'agent floculant est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} est inférieure à
30 un seuil inhibiteur S_1 .

Préférentiellement, la régulation du dosage de l'agent floculant comprend une boucle de régulation ouverte utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$.

5 Préférentiellement, la régulation du débit de recirculation est une boucle de régulation fermée utilisant une consigne de concentration de média (K_x) dans la zone de floculation^[1] (Z_2).

Avantageusement, la régulation du débit de recirculation est de type proportionnel, intégral, dérivée.

10 Selon une variante intéressante, la régulation de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation comprend une boucle fermée utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} , et une mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_2$.

Avantageusement, la boucle fermée de la régulation de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation est de type proportionnel, intégral, dérivée.

15 Avantageusement, la boucle fermée de la régulation de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitée M_{out} est inférieure à un seuil inhibiteur S_2 .

20 Préférentiellement, la régulation de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation comprend une boucle de régulation ouverte utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$.

Préférentiellement, la boucle fermée de la régulation du débit de recirculation utilise une estimation E_x de la concentration de média dans la zone de floculation.

Selon une variante de l'invention, le média accélérant la clarification (4) est un matériau lestant.

25 Selon une autre variante de l'invention, le média accélérant la clarification (4) est un matériau flottant.

L'invention concerne également une installation de clarification d'eaux par différence de densité comprenant :

30 - un réacteur de coagulation dans lequel un agent coagulant est ajouté auxdites eaux,

- au moins un réacteur de floculation dans lequel est ajouté un agent floculant au moyen d'une pompe de dosage (A), et un média accélérant la clarification,
- un clarificateur produisant des boues incluant ledit média d'une part et de l'eau clarifiée d'autre part,
- des moyens de traitement desdites boues en vue d'en extraire ledit média, et
- un circuit de recirculation dudit média extrait vers ledit réacteur de floculation comprenant une pompe de recirculation ;

caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de contrôle de la pompe de dosage de l'agent floculant ajouté, et des moyens couplés de contrôle de la pompe de recirculation du média extrait dans le circuit de recirculation .

5. Figures

L'invention, ainsi que les différents avantages qu'elle présente, seront plus facilement compris grâce à la description qui va suivre d'un mode de réalisation de celle-ci, donné à titre simplement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente de façon schématique une installation de traitement d'eaux par clarification ;
- la figure 2 représente de façon schématique un exemple de régulation du fonctionnement de celle-ci selon la présente invention ;
- la figure 3 est un graphique indiquant les performances d'une installation mise en œuvre avec le procédé selon l'invention.

6. Mode de réalisation

En référence à la figure 1, de façon classique, une installation de clarification d'une eau à traiter « In » par différence de densité met en œuvre :

- un premier réacteur 1 pourvu de moyens 1a d'amenée d'eau brute à traiter, de moyens 1b d'ajout d'un agent coagulant à partir d'un réservoir 1c d'agent coagulant et d'un agitateur 1d ;
- un deuxième réacteur 2 délimitant une zone de floculation, pourvu de moyens d'ajout 2b d'agent floculant à partir d'un réservoir 2c d'agent floculant incluant

une pompe de dosage A d'agent flocculant, de deux agitateurs 2d, 2e, et de moyens d'ajout 3 d'un média accélérant la clarification ;

5

- d'un clarificateur 4 délimitant une zone de clarification, pourvue dans sa partie inférieure de moyens d'évacuation 4a d'eau clarifiée (« out ») par une canalisation d'évacuation 7 et dans sa partie supérieure de moyens de transfert 4b de boues contenant le média flottant vers un décanteur 5 ;

- un décanteur 5 pourvu de moyens d'agitation 5a permettant de séparer le média flottant du reste des boues, de moyens d'évacuation du reste de boues 5b et de moyens d'évacuation de média flottant 5c ;

10

- un réceptacle 8 de collecte dudit média flottant ;
- une boucle 6 de recirculation dudit média flottant incluant une pompe de recirculation B dudit réceptacle 8 vers ladite zone de floculation.

15

Dans ce mode de réalisation, la clarification est une flottation mettant en œuvre un média flottant constitué de billes de polymère moins denses que l'eau à savoir des microbilles de polystyrène expansées de diamètre et densité respectivement inférieures à 500 µm et 0,05.

Selon l'invention, il est proposé de coupler les contrôleurs visant à assurer la qualité des eaux traitées et ceux visant à optimiser la consommation en agent flocculant et celle en média flottant.

20

Les organes de commande contrôlés conformément à l'invention sont :

- la pompe de dosage A de l'agent flocculant ; et
- la pompe de recirculation B du média flottant.

Dans le présent mode de réalisation, les paramètres mesurés sont :

25

la turbidité des eaux brutes M_{in} ,

la turbidité des eaux traitées M_{out} ,

la concentration X de média dans la zone de floculation.

La turbidité d'une eau est en effet fonction de la quantité de particules qu'elle contient. Les unités habituelles de mesure de la turbidité sont le NTU (pour *Nephelometric Turbidity Unit* en anglais) ou le FNU (pour *Formazine Nephelometric Unit* en anglais).

Le média ici utilisé étant un média solide, la concentration X de ce média dans la zone de floculation est estimée, via un bilan matière durant l'étape 6 de recirculation grâce à un débitmètre massique.

Cette estimation est régie par les deux équations suivantes, selon que la pompe de recirculation B du média fonctionne (équation 1) ou non (équation 2) :

$$c(t) = c_0 * \left[1 - \frac{\left(FIT10 + \frac{FIT20}{1000 * AIT20} \right) * t / 3600}{V_{floc}} \right] + \frac{\left(1000 * AIT20 - \rho_{eff} \right) * \frac{FIT20 * t / 3600}{AIT20 * V_{floc}} * \frac{1}{\rho_{media}}}{1 - \frac{\rho_{eff}}{\rho_{media}}}$$

Equation 1

10 dans laquelle :

$c(t)$ est la concentration à l'instant t en média exprimée en mL de média/L ;

c_0 est la concentration initiale en média définie comme la concentration déterminée de la toute première mise en route de l'installation et ensuite comme la concentration finale de la phase précédente, exprimée en mL de média/L ;

t est le temps écoulé depuis le dernier point de concentration calculé, exprimé en secondes ;

$FIT10$, est le débit d'alimentation exprimé en m^3/h ;

$FIT20$, est le débit massique de la recirculation du média exprimé en kg/h ;

20 $AIT20$, est la densité du mélange de « média + eau » réinjecté, exprimée en kg/L ;

V_{floc} est le volume de la cuve de floculation dans laquelle le média est réinjecté, exprimé en m^3 ;

ρ_{eff} est la masse volumique de l'eau, exprimée en kg/m^3 ;

25 ρ_{media} est la masse volumique du média, exprimée en kg/m^3 ;

$$c(t) = c_0 * (1 - \frac{FIT10 * t/3600}{V_{floc}})$$

Equation 2

dans laquelle

$c(t)$ est la concentration à l'instant t en média exprimée en mL de média/L ;

c_0 est la concentration initiale en média définie comme la concentration déterminée de la toute première mise en route de l'installation et ensuite comme la concentration finale de la phase précédente, exprimée en mL de média/L ;

$FIT10$, le débit d'alimentation exprimé en m^3/h ;

V_{floc} est le volume de la cuve de floculation dans laquelle le média est réinjecté, exprimé en m^3 ;

t est le temps écoulé depuis le dernier point de concentration calculé, exprimé en secondes.

En référence à la figure 2, la régulation 10 du dosage A de l'agent floculant comprend une boucle fermée 30 utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} , correspondant à la qualité prédéterminée de l'eau traitée et une mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_1$. Cette boucle de régulation 30 permet d'ajuster au mieux le dosage A pour assurer la qualité de l'eau traitée, et de compenser les perturbations dont la dynamique est lente comme, par exemple, la température des eaux. Dans le présent mode de réalisation, la boucle fermée 30 de la régulation 10 du dosage par la pompe A de l'agent floculant est de type proportionnel, intégral, dérivée.

La régulation 10 du dosage par la pompe A de l'agent floculant comprend aussi une boucle de régulation ouverte 40 utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$. Cette boucle de régulation permet de réagir aux perturbations de turbidité de l'eau brute « In ».

La boucle fermée 30 de la régulation 10 du dosage par la pompe A de l'agent floculant est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} est inférieure à un seuil inhibiteur S_1 . Cette fonction d'inhibition permet de geler la commande du contrôleur pour éviter un sous-dosage précipité de l'agent floculant en cas de sur-qualité temporaire des eaux traitées. Un tel sous-dosage pourrait en effet provoquer un décrochage de la turbidité des

eaux traitées, après un temps de latence correspondant au temps de séjour dans la zone de floculation et la zone de clarification.

La régulation 20 du débit de recirculation B est quant à elle constituée par une boucle de régulation fermée utilisant une consigne de concentration de média K_x dans la zone de floculation et la concentration estimée E_x de média dans la zone de floculation. Cette boucle de régulation 20 permet d'ajuster le débit de recirculation par la pompe B pour apporter la quantité optimale de média en zone de clarification. Cette boucle fermée de la régulation du débit de recirculation par la pompe B est cadencée à une fréquence $1/T_1$. Elle est de type proportionnel, intégral, dérivée.

La consigne de concentration de média K_x dans la zone de floculation subit une régulation 50 qui permet de déterminer la concentration optimale de média en zone de floculation pour assurer la qualité de l'eau traitée. Cette boucle de régulation 50 comprend une boucle fermée 60 utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} et une mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_2$. Cette boucle de régulation 60 permet d'ajuster au mieux la consigne de concentration de média K_x pour assurer la qualité de l'eau traitée, et de compenser les perturbations dont la dynamique est lente comme, par exemple, la température des eaux. La boucle fermée 60 de la régulation 50 est de type proportionnel, intégral, dérivée.

La boucle fermée 60 de la régulation 50 est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} est inférieure à un seuil inhibiteur S_2 .

La régulation 50 de la consigne de concentration de média K_x dans la zone de floculation comprend quant à elle une boucle de régulation ouverte 70 utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$. Cette boucle de régulation permet de réagir aux perturbations de turbidité de l'eau brute I_n .

La cadence des différents contrôleurs doit être adaptées à la dynamique des variables prises en compte (Mesure de turbidité des eaux traitées M_{out} , dérivée de la mesure de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) et concentration de média dans la zone de floculation) et au temps de séjour dans les différentes zones de l'installation.

En pratique les périodes T_1 , T_2 et T_3 sont telles que $T_1 < T_2 < T_3$. Dans le cadre du présent mode de réalisation, $T_1 = 10$ secondes, $T_2 = 30$ secondes et $T_3 = 60$ secondes comme périodes de mesure ou d'estimation des différentes variables prises en compte dans les

régulations. D'autres valeurs pour les périodes, ou d'autres rapports entre les différentes périodes peuvent naturellement être choisis dans le cadre de l'invention.

La concentration de média E_x dans la zone de floculation peut être mesurée indirectement, par exemple être obtenue grâce à un bilan matière et l'utilisation d'un débitmètre massique placé sur la canalisation de recirculation.

Enfin, une petite partie du média accélérant la clarification peut rester dans les boues, et ne pas re-circuler lors de l'étape 6 de recirculation. Il peut donc arriver que la quantité de média disponible devienne insuffisante. Dans ce cas, bien que l'étape de recirculation 6 soit à son maximum, le taux E_x de média dans la zone de floculation n'atteindra pas la consigne K_x désirée par le système de commande. Il est alors facile d'alerter l'opérateur ou de commander l'ajout de média dans l'installation dès que la fréquence de recirculation est saturée de manière prolongée.

Des tests ont montré que lorsque, conformément à l'invention, la régulation du dosage par la pompe A de l'agent floculant lors de l'étape 2 d'ajout d'un agent floculant et la régulation du débit de recirculation par la pompe B lors de l'étape 6 de recirculation du média sont couplées, le fonctionnement d'une installation de clarification est sensiblement amélioré, tout d'abord en évitant le surdosage de floculant et de média, et ensuite en assurant la qualité de l'eau traitée par une opération plus rapide et efficace du procédé aux changements brusques de la qualité des eaux brutes « In ».

L'installation représentée à la figure 1 a ainsi été mise en œuvre d'une part en intégrant une régulation selon l'invention (mode Régulation), telle que décrite ci-dessus, et d'autre part avec une régulation par opérateur (mode Opérateur). Selon ces deux modes, le débit d'alimentation en eau à traiter a été maintenu à $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Durant ces deux modes, la concentration de média flottant présent en cuve de floculation a été fixée à $0,47 \text{ mL de billes/L}$. Selon le mode Opérateur, cette concentration a été fixée au départ et elle n'a pas été modifiée ensuite par l'opérateur. Selon le mode Régulation, conformément à la présente invention, le débit de recirculation par la pompe B de ce matériau a été régulé de façon à maintenir la concentration de média flottant en permanence le plus proche possible de $0,47 \text{ mL de billes/L}$.

Durant ces essais, l'eau à traiter a présenté une turbidité faible (8 NTU lors du test en mode Régulateur et 6 NTU lors du test en Mode Opérateur) permettant l'obtention aisée d'une eau traitée de qualité.

5 Durant ces essais une perturbation de la qualité de l'eau à traiter entrant dans l'installation a été artificiellement provoquée par l'ajout de boues dans celle-ci.

Les résultats des essais comparatifs correspondants sont synthétisés dans le tableau 1 ci-dessous.

10 Dans les deux modes, les perturbations provoquées ont été relativement similaires, provoquant une turbidité maximale des eaux de 87 NTU en mode Régulation et de 95 NTU en mode Opérateur et une turbidité moyenne de 58 NTU en mode Régulation et de 60 NTU en mode Opérateur. La perturbation en Mode Régulation a toutefois été plus longue (76 min) qu'en mode Opérateur (40 min).

15 Selon l'art antérieur, en mode Opérateur, les réglages de l'opérateur pour maintenir une qualité d'eau traitée durant la perturbation, ont été réalisés selon l'usage en présence d'un surdosage d'agent floculant et de média.

La figure 3 indique l'évolution dans le temps, au cours du test en mode Régulation selon l'invention, des paramètres suivant :

- la turbidité de l'eau à traiter en NTU ;
- la turbidité de l'eau traitée en NTU ;
- 20 la concentration en floculant en ppm ;
- la fréquence de recirculation du média flottant en Hz.

Dans le cadre de ces essais, l'eau traitée a été considérée comme présentant une qualité dégradée dès lors que sa turbidité a dépassé 2 NTU durant plus de 2 heures.

25 Comme indiqué tableau 1, la turbidité maximale observée sur les eaux traitées s'élève respectivement à 3,6 et 61,2 NTU en Mode Régulation et Opérateur.

En référence au tableau 1, l'optimisation de la consommation du floculant peut être discutée sur trois périodes de chaque essai :

30 Avant et après la perturbation, le ratio du taux de traitement sur la charge entrante est respectivement de 0,014 mg/L/NTU en mode Régulation et de 0,025 mg/L/NTU en mode Opérateur. Ce dosage est ainsi mieux ajusté en Mode Régulation.

Pendant les deux heures après le début de la perturbation, le taux de réactif floculant (taux de traitement) varie en mode Régulation et atteint un maximum à 0,32 mg/L pour satisfaire la consigne de 2 NTU. Durant ces deux heures, la quantité de floculant distribuée est approximativement la même dans les deux modes (9,3 g en mode Régulation et 9,1 g en mode

5 Opérateur) correspondant à des ratios de traitement quasi identiques (0,155 g/m³ en mode Régulation et 0,151 g/m³ en mode Opérateur) mais le mode Régulation permet de respecter la consigne en turbidité 98,7% du temps alors qu'en mode Opérateur cette consigne n'est respectée que 63,3% du temps.

En rapportant la quantité de réactif consommé à la charge (ratio Traitement / Charge),

10 le Mode Régulation se distingue favorablement (2,0 vs 3,7mg/NTU entrant cumulé) car la charge à abattre est plus conséquente lors de l'essai en Mode Régulation, la durée de la perturbation étant plus longue.

Sur une période de 8 heures, c'est-à-dire 4 heures avant et 4 heures après le début de la perturbation, la quantité de floculant consommée en mode Régulation apparaît plus faible

15 (29,3g) qu'en mode Opérateur (36,0g). Le Mode Régulation selon l'invention permet donc de consommer moins de réactif floculant. Cela se traduit par des ratios plus faibles (ratio Traitement sur Volume d'eau traitée, ratio Traitement sur Charge).

			Mode Régulation	Mode Opérateur	Unité
Eau à traiter		Turbidité eau à traiter avant et après la perturbation	8	6	NTU
Caractéristiques de la Perturbation		Turbidité maximale de l'eau à traiter durant la perturbation	87	95	NTU
		Turbidité médiane de l'eau à traiter durant la perturbation	58	60	NTU
		Turbidité cumulée de la charge entrante au cours de la perturbation	4345	2073	NTU
		Durée de la perturbation	76	40	min
Eau traitée		Turbidité maximale observée de l'eau traitée	3,6	61,2	NTU
		% du temps en deçà de la consigne	98,7	63,3	%
Floculant	Avant perturbation	Taux avant la perturbation	0,11	0,15	mg/L
		Ratio Traitement / Taux avant perturbation	0,014	0,025	mg/L/NTU
	2h post perturbation	Max du taux de traitement observé	0,32	0,15	mg/L
		Quantité de floculant	9,3	9,1	g
		Ratio Traitement / m3 d'eau traitée	0,155	0,151	g/m3 d'eau traitée (moyenné sur 2h)
		Charge entrante	4681	2479	NTU entrant cumulé
		Ratio Traitement / Charge	2,0	3,7	mg/NTU entrant cumulé
	Sur une période de 8h (+/-4h autour de la perturbation)	Quantité de floculant	29,3	36,0	g
		Ratio Traitement / m3 d'eau traitée	0,122	0,15	g/m3 d'eau traitée (moyenné sur 8h)
		Charge entrante	7485	6984	NTU entrant cumulé
		Ratio Traitement / Charge	3,9	5,2	mg/NTU entrant cumulé
Média Flottant		Concentration (consigne)	0,47	0,47	mL de billes/L

TABLEAU 1

5

En référence à la figure 3, le procédé selon l'invention a permis d'ajuster en permanence le débit de recirculation de la pompe B pour maintenir la consigne en média flottant le plus proche de la consigne.

On notera que dans d'autres modes de réalisation, la floculation pourra être assistée
10 par un lest, par exemple du microsable.

Dans d'autres modes de réalisation, la floculation pourra aussi être assistée par injection d'air dépressurisée dans l'eau. La quantité d'air injecté doit alors être contrôlée car l'étape d'injection est énergivore et donc couteuse. De plus, la concentration d'air dans la zone de clarification doit être régulée car une concentration trop élevée peut entraîner l'embolie gazeuse de systèmes en aval, comme par exemple des filtres. L'invention s'applique parfaitement à ce type de clarification, le débit d'injection d'air dissous étant régulé de la même façon que le débit B de recirculation d'un média solide. Seul le bilan matière pour l'estimation de la concentration en eau blanche devra alors être mis en œuvre avec un débitmètre volumique et non un débitmètre massique.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de clarification d'eaux par différence de densité comprenant :

- une étape d'ajout auxdites eaux d'un agent coagulant,
- une étape d'ajout d'un agent flocculant,
- une étape d'ajout d'un média accélérant la clarification,
- une étape de clarification dans une zone de clarification conduisant à la production de boues et d'eau clarifiée,
- une étape de traitement desdites boues en vue d'en extraire ledit média, et
- une étape de recirculation dudit média vers ladite étape d'ajout de média accélérant la clarification ;

caractérisé en ce que ledit procédé comprend une régulation (10) du dosage de l'agent flocculant lors de l'étape d'ajout d'un agent flocculant et une régulation (20) du débit de recirculation lors de l'étape de recirculation dudit média, lesdites régulations (10, 20) étant couplées.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la régulation (10) du

dosage de l'agent flocculant comprend une boucle de régulation fermée (30) utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} , et une mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_1$.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la boucle fermée (30) de la régulation (10) du dosage de l'agent flocculant est de type proportionnel, intégral, dérivée.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la boucle fermée (30) de la régulation (10) du dosage de l'agent flocculant est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} est inférieure à un seuil inhibiteur S_1 .

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la régulation (10) du dosage de l'agent flocculant comprend une boucle de régulation ouverte

(40) utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$.

- 5 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la régulation (20) du débit de recirculation est une boucle de régulation fermée utilisant une consigne de concentration de média (K_x) dans la zone de floculation.
- 10 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la régulation (20) du débit de recirculation est de type proportionnel, intégral, dérivée.
- 15 8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la régulation (50) de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation comprend une boucle fermée (60) utilisant une consigne de la turbidité des eaux traitées K_{out} , et une mesure de la turbidité des eaux traitées M_{out} effectuée à une fréquence $1/T_2$.
- 20 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la boucle fermée (60) de la régulation (50) de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de clarification est de type proportionnel, intégral, dérivée.
- 25 10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la boucle fermée (60) de la régulation (50) de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de floculation est suspendue lorsque la mesure de la turbidité des eaux traitée M_{out} est inférieure à un seuil inhibiteur S_2 .
- 30 11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que la régulation (50) de la consigne de concentration du média K_x dans la zone de clarification comprend une boucle de régulation ouverte (70) utilisant une mesure de la dérivée de la turbidité des eaux brutes (dM_{in}/dt) effectuée à une fréquence $1/T_3$.

12. Procédé selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que la boucle fermée de la régulation (20) du débit de recirculation utilise une estimation E_x de la concentration de média dans la zone de floculation.

5 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le média accélérant la clarification (4) est un matériau lestant.

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le média accélérant la clarification (4) est un matériau flottant.

10

15. Installation de clarification d'eaux par différence de densité comprenant :

- un réacteur de coagulation (1) dans lequel un agent coagulant est ajouté auxdites eaux,
- au moins un réacteur de floculation (2) dans lequel est ajouté un agent flocculant au moyen d'une pompe de dosage (A), et un média accélérant la clarification,
- un clarificateur (4) produisant des boues incluant ledit média d'une part et de l'eau clarifiée d'autre part,
- des moyens de traitement (5) desdites boues en vue d'en extraire ledit média, et ;
- un circuit de recirculation (6) dudit média extrait vers ledit réacteur de floculation (2) comprenant une pompe de recirculation (B);

15

20

25

caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de contrôle de la pompe de dosage (A) de l'agent flocculant ajouté, et des moyens couplés de contrôle de la pompe de recirculation (B) du média extrait dans le circuit de recirculation (6).

1/2

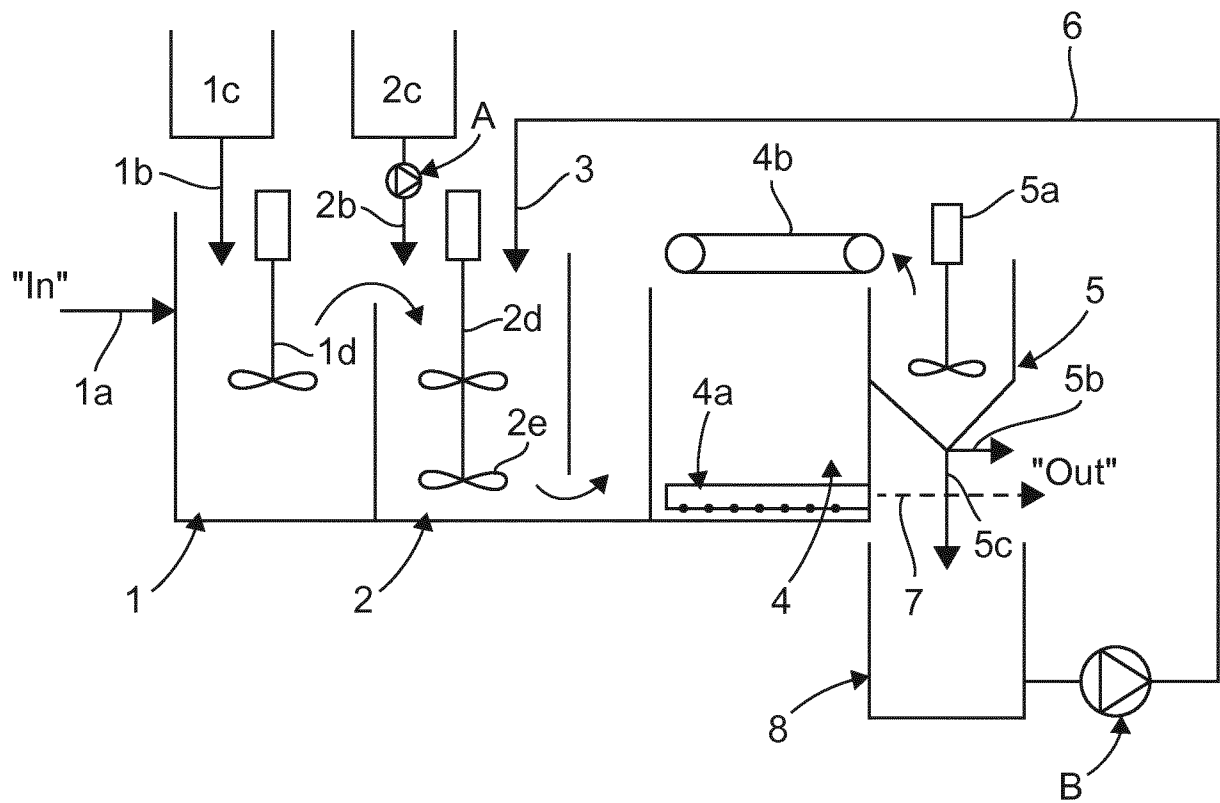


Fig. 1

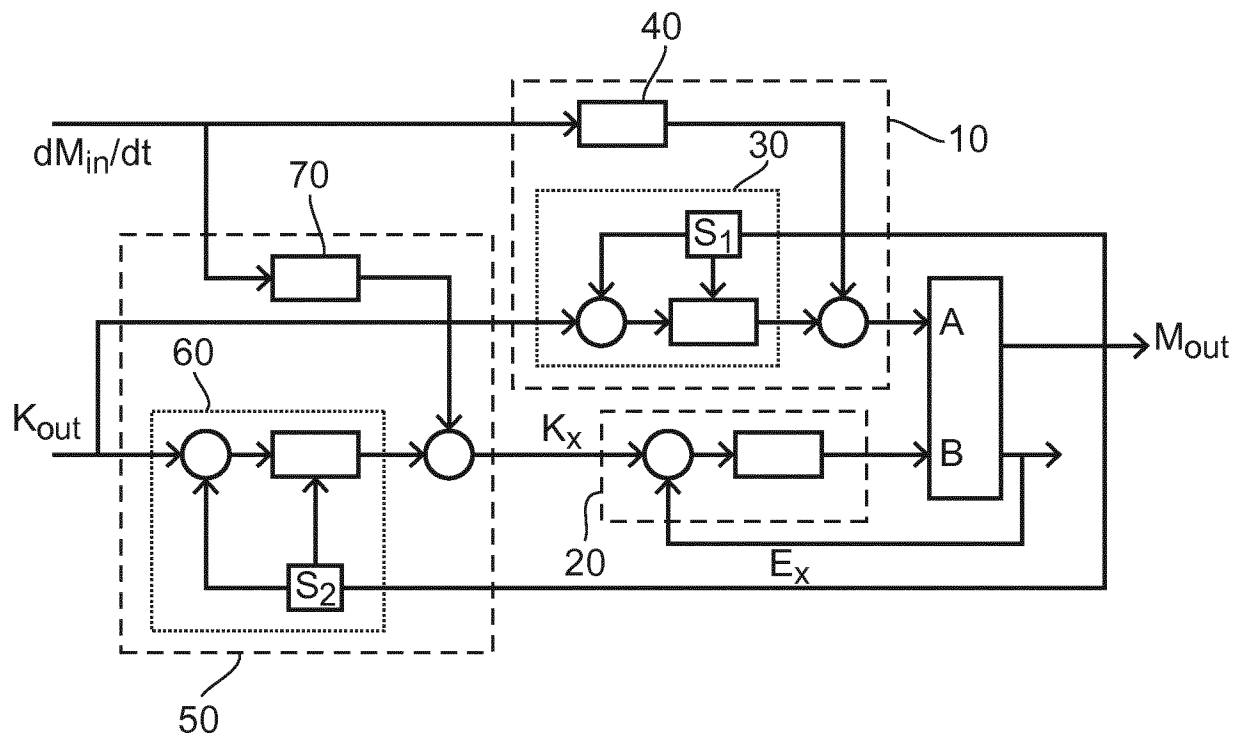


Fig. 2

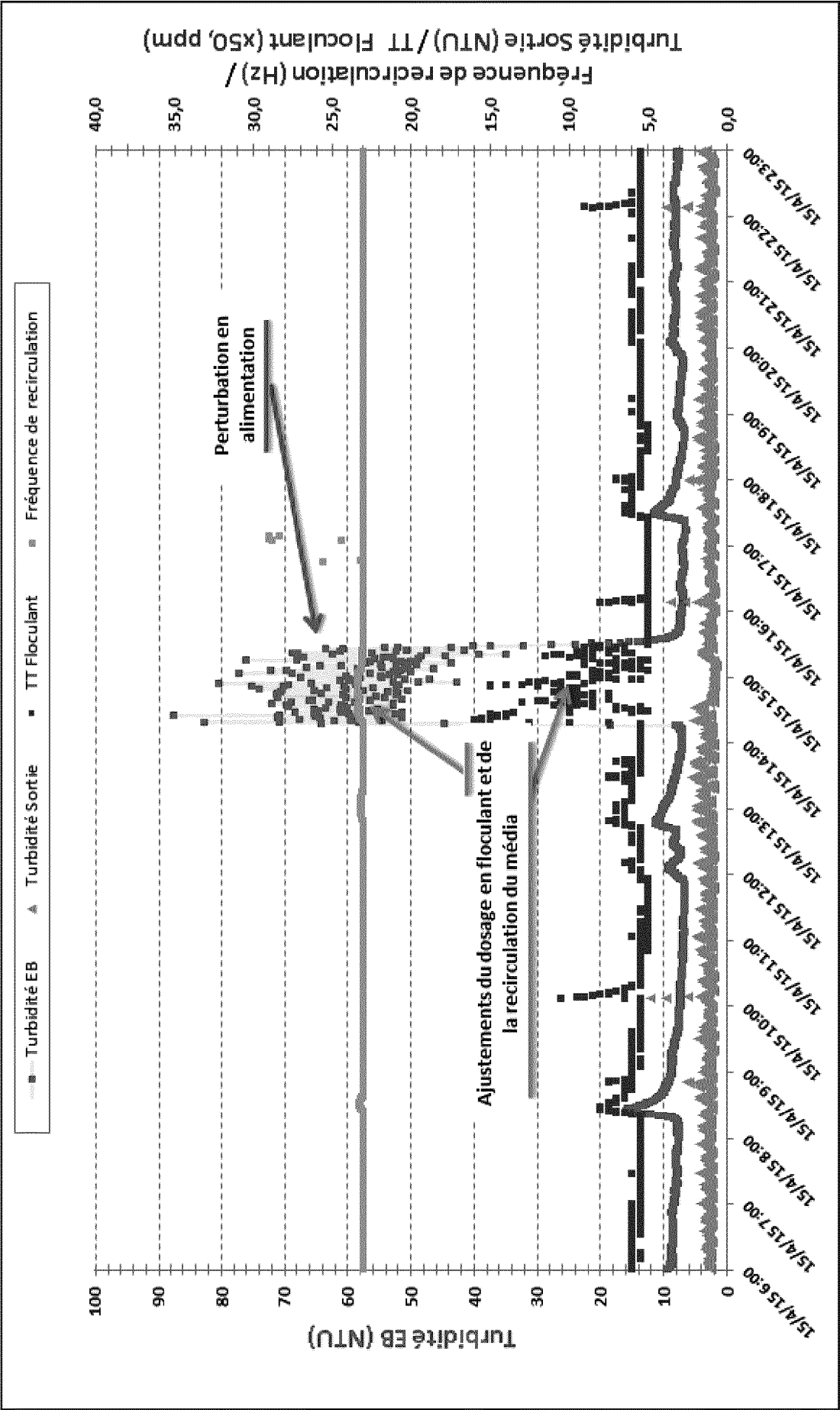


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/081793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. C02F1/52
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 C02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 323 108 B1 (GARBETT ROSS ALAN [US] ET AL) 29 January 2008 (2008-01-29) figure 1 column 2, line 35 - line 46 column 3, line 37 - column 5, line 14 -----	1-13,15
X	US 2012/043264 A1 (ISOGAMI HISASHI [JP] ET AL) 23 February 2012 (2012-02-23) figure 1 paragraph [0024] - paragraph [0033] -----	1-13,15
X	FR 2 822 080 A1 (VIVENDI WATER SYSTEMS [FR]) 20 September 2002 (2002-09-20) figures 1a, 2a page 7, line 4 - line 15 page 8, line 11 - page 9, line 26 page 13 ----- -/-	1-13,15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 February 2017

Date of mailing of the international search report

02/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Onel Inda, Santiago

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/081793

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/065250 A1 (UNIV REGINA [CA]; YOUNG STEPHANIE [CA]; MUNOZ ALEX [CA]) 24 May 2012 (2012-05-24) figure 1 page 4, line 26 - line 30 page 8, line 23 - page 9, line 16 -----	1-12,14, 15
A	US 2014/131259 A1 (GOLDBLATT MIKEL E [US]) 15 May 2014 (2014-05-15) paragraph [0043] -----	1-15
A	US 2013/213895 A1 (CRISWELL DENNY ALLEN [US]) 22 August 2013 (2013-08-22) paragraph [0013] - paragraph [0017] -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/081793

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7323108	B1	29-01-2008	NONE
US 2012043264	A1	23-02-2012	CA 2749435 A1 23-02-2012 JP 5422516 B2 19-02-2014 JP 2012040536 A 01-03-2012 US 2012043264 A1 23-02-2012
FR 2822080	A1	20-09-2002	AT 296785 T 15-06-2005 AU 2002253237 A1 03-10-2002 CA 2453498 A1 26-09-2002 DE 60204437 D1 07-07-2005 DE 60204437 T2 18-05-2006 DK 1368277 T3 19-09-2005 EP 1368277 A2 10-12-2003 ES 2243715 T3 01-12-2005 FR 2822080 A1 20-09-2002 JP 4495910 B2 07-07-2010 JP 2004526563 A 02-09-2004 US 2004144730 A1 29-07-2004 WO 02074691 A2 26-09-2002
WO 2012065250	A1	24-05-2012	NONE
US 2014131259	A1	15-05-2014	AU 2013344908 A1 07-05-2015 CA 2888724 A1 22-05-2014 CL 2015001270 A1 02-10-2015 CN 104823037 A 05-08-2015 EP 2920572 A1 23-09-2015 KR 20150084008 A 21-07-2015 RU 2015122396 A 10-01-2017 TW 201428263 A 16-07-2014 US 2014131259 A1 15-05-2014 WO 2014078382 A1 22-05-2014
US 2013213895	A1	22-08-2013	US 2013213895 A1 22-08-2013 US 2015284263 A1 08-10-2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/081793

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C02F1/52 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C02F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 7 323 108 B1 (GARBETT ROSS ALAN [US] ET AL) 29 janvier 2008 (2008-01-29) figure 1 colonne 2, ligne 35 - ligne 46 colonne 3, ligne 37 - colonne 5, ligne 14 -----	1-13,15
X	US 2012/043264 A1 (ISOGAMI HISASHI [JP] ET AL) 23 février 2012 (2012-02-23) figure 1 alinéa [0024] - alinéa [0033] -----	1-13,15
X	FR 2 822 080 A1 (VIVENDI WATER SYSTEMS [FR]) 20 septembre 2002 (2002-09-20) figures 1a, 2a page 7, ligne 4 - ligne 15 page 8, ligne 11 - page 9, ligne 26 page 13 ----- -/-	1-13,15
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
23 février 2017	02/03/2017	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé OneI Inda, Santiago

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2012/065250 A1 (UNIV REGINA [CA]; YOUNG STEPHANIE [CA]; MUNOZ ALEX [CA]) 24 mai 2012 (2012-05-24) figure 1 page 4, ligne 26 - ligne 30 page 8, ligne 23 - page 9, ligne 16 -----	1-12,14, 15
A	US 2014/131259 A1 (GOLDBLATT MIKEL E [US]) 15 mai 2014 (2014-05-15) alinéa [0043] -----	1-15
A	US 2013/213895 A1 (CRISWELL DENNY ALLEN [US]) 22 août 2013 (2013-08-22) alinéa [0013] - alinéa [0017] -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/081793

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7323108	B1	29-01-2008	AUCUN	
US 2012043264	A1	23-02-2012	CA 2749435 A1	23-02-2012
			JP 5422516 B2	19-02-2014
			JP 2012040536 A	01-03-2012
			US 2012043264 A1	23-02-2012
FR 2822080	A1	20-09-2002	AT 296785 T	15-06-2005
			AU 2002253237 A1	03-10-2002
			CA 2453498 A1	26-09-2002
			DE 60204437 D1	07-07-2005
			DE 60204437 T2	18-05-2006
			DK 1368277 T3	19-09-2005
			EP 1368277 A2	10-12-2003
			ES 2243715 T3	01-12-2005
			FR 2822080 A1	20-09-2002
			JP 4495910 B2	07-07-2010
			JP 2004526563 A	02-09-2004
			US 2004144730 A1	29-07-2004
			WO 02074691 A2	26-09-2002
WO 2012065250	A1	24-05-2012	AUCUN	
US 2014131259	A1	15-05-2014	AU 2013344908 A1	07-05-2015
			CA 2888724 A1	22-05-2014
			CL 2015001270 A1	02-10-2015
			CN 104823037 A	05-08-2015
			EP 2920572 A1	23-09-2015
			KR 20150084008 A	21-07-2015
			RU 2015122396 A	10-01-2017
			TW 201428263 A	16-07-2014
			US 2014131259 A1	15-05-2014
			WO 2014078382 A1	22-05-2014
US 2013213895	A1	22-08-2013	US 2013213895 A1	22-08-2013
			US 2015284263 A1	08-10-2015