

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 051 460**

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

②1 N° d'enregistrement national : **16 54598**

⑤1 Int Cl⁸ : **C 02 F 9/14 (2016.01), C 02 F 1/38, C 02 F 9/02**

①2

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 PROCÉDE ET INSTALLATION DE TRAITEMENT DES EAUX.

②2 Date de dépôt : 23.05.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.11.17 Bulletin 17/47.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 31.12.21 Bulletin 21/52.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *SUEZ GROUPE Société par actions
simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : DONNAZ SYLVAIN et MARTAUD
MAURICE.

⑦3 Titulaire(s) : SUEZ GROUPE Société par actions
simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : IPAZ.

FR 3 051 460 - B1



PROCEDE ET INSTALLATION DE TRAITEMENT DES EAUX

L'invention se rapporte au domaine du traitement des eaux et plus particulièrement aux installations et aux procédés de traitement des eaux, en particulier usées, comprenant au moins une première unité de traitement biologique, l'alimentation
5 de ladite unité étant assurée par une file d'eau primaire en amont, l'évacuation de ladite unité étant assurée en aval par une file d'eau secondaire et une file de boue.

Les filières traditionnelles utilisées dans le traitement des files d'eau primaire, d'eau secondaire ainsi que des files de boue mettent en jeu des étapes de coagulation et/ou de floculation et/ou de décantation.

10 Rappelons que la coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau, utilisé pour le traitement de potabilisation ou le traitement d'eau usée. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement : les colloïdes. Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm), d'autre
15 part, elles ont la particularité d'être chargées électronégativement, engendrant des forces de répulsions intercolloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible. La coagulation-floculation est un procédé permettant, en deux temps, de s'affranchir de cette absence de sédimentation. Cette technique permet de s'attaquer aux deux caractéristiques - mentionnées précédemment -
20 rendant impossible une élimination naturelle des particules colloïdales. Dans un premier temps, la coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium), permet de supprimer les répulsions intercolloïdales : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules colloïdales peuvent désormais se regrouper. Dans un second temps, la floculation
25 permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le point critique est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement. La solution exploitée par la floculation est de provoquer, grâce à l'ajout de flocculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de colloïdes appelé « flocc » dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se
30 décanter. Le flocculant ajouté est généralement un polymère, qu'il soit organique ou naturel, qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes.

Ces étapes sont réalisées généralement dans des réacteurs de coagulation ou de floculation traditionnels, des mélangeurs dynamiques ou statiques, ou bien par dilution

en ligne.

Dans tous les cas les volumes utilisés doivent être dimensionnés en fonction des paramètres suivants afin d'assurer une bonne dispersion du coagulant et du floculant dans la file à traiter ainsi que la bonne formation des floes :

- 5 - débit à traiter (m^3/h)
 - température de l'eau à traiter ($^{\circ}C$)
 - μ : viscosité dynamique de l'eau fonction de la température
 - temps de contact ou temps de séjour hydraulique (secondes ou minutes)
 - gradient de vitesse moyen (G en s^{-1} ; $G = \text{Racine}[P/(V \cdot \mu)]$)
- 10 - puissance réellement dissipée (P en kW ; $P = G^2 \cdot V \cdot \mu$)
 - facteur Gt ($Gt = G \times \text{temps de contact}$; avec G en s^{-1} , t en secondes)

Pour rappel, la notion de gradient de vitesse traduit l'évolution de la vitesse au sein du fluide. Le gradient de vitesse décrit la variation spatiale de la vitesse d'écoulement. Cette grandeur dépend de la contrainte de cisaillement appliquée et de la nature du fluide.

Pour rappel, le facteur Gt est un indicatif de puissance par unité de volume de l'écoulement d'un fluide. Il permet de déterminer aussi les performances des mélangeurs dynamiques utilisés dans les cuves d'agitation. Le facteur $Gt = G \times \text{temps de contact}$; avec G en s^{-1} , t en secondes).

- 20 Toutefois, les réacteurs utilisés bien que volumineux, nécessitent des temps de contact importants. Les temps de contact généralement admis sont les suivants :

	Unité	Coagulation				Floculation	
Température	$^{\circ}C$	0-3	3-7	7-15	> 15	< 5	> 20
Temps de contact (valeurs minimales)	min	1-3	1-2	0,5-1	0,08- 0,5	30	15
Temps de contact (valeurs minimales)	s	60- 180	60- 120	30-60	5-30	1800	900

- 25 Pour des temps de contact compris entre 30 secondes à 30 minutes, le gradient de vitesse moyen à appliquer pour les étapes de coagulation et de floculation est compris de $300 s^{-1}$ à des valeurs inférieures à $200 s^{-1}$. Pour des temps de contact compris entre 5 et 30 secondes (cas d'eau à température $> 15^{\circ}C$), le gradient de vitesse moyen à

appliquer pour les étapes de coagulation et de floculation est compris entre 400/500 s-1 et 250/300 s-1.

Par ailleurs, les procédés de coagulation et de floculation mettent en œuvre des gradients de vitesse G qui consomment beaucoup d'énergie.

5 Ainsi, dans le cas des mélangeurs dynamiques, on utilise généralement une cuve cylindrique munie d'un brassage mécanique, (énergie électrique consommée en fonction de la rotation d'un axe sur lequel sont fixées des pâles à géométrie variable). Ainsi, les mélangeurs dynamiques impliquent des équipements mécaniques dotés de machines tournantes et de pales nécessitant un apport énergétique non négligeable (moteurs
10 électriques) ainsi que la maintenance desdits équipements (OPEX).

Dans le cas des mélangeurs statiques, il est observé un inconvénient majeur consistant en la perte de charges hydrauliques (et donc des pertes d'énergie). Ils sont de plus très sensibles aux bouchages (poudres minérales, fibres, micro-fibres, filasses, grumeaux etc...). Ces mélangeurs statiques ont pour but de favoriser les échanges entre
15 les produits réactifs et les fluides par l'intermédiaire de chicanes, de profilés ou d'un packing qui engendrent l'augmentation des pertes de charges au sein du fluide transporté ainsi que des risques de bouchages intempestifs (en fonction du fluide traversant) qui sont à l'origine des arrêts de production et des interventions de maintenance. Ces mélangeurs ne sont pas compatibles et fiable avec tous les types de
20 fluide.

Les systèmes de dilutions en ligne utilisent quant à eux une canalisation d'eau perpendiculaire à la canalisation de dosage du polymère pour diluer la solution avant injection. Ces systèmes sont moins sensibles au bouchage car le fluide traversier reste de l'eau filtrée mais ils consomment de l'énergie de pompage et / ou de l'eau potable.

25 L'invention a donc pour but d'éliminer tout ou partie des inconvénients mentionnés ci-avant au moyen d'unités comprenant un dispositif générateur de vortex. L'objet l'invention vise à réduire les consommations de réactifs (chimiques ou bio-sourcés) en favorisant la dispersion du réactif au point d'injection dans le volume réactionnel du procédé concerné, ce volume pouvant être des cuves de coagulation et
30 floculation (décantation primaire physicochimique en eaux résiduaires urbaines avec réactifs tels que sels de fer ou d'aluminium et polymère), des réacteurs biologiques par injection de méthanol, des unités d'épaississement et de déshydratation des boues (injection de polymères), des enceintes de chloration d'eau potable à l'eau de Javel.

L'invention a également pour but de réduire la consommation d'énergie ainsi que le volume des réacteurs.

Plus particulièrement, l'invention a pour objet une installation de traitement des eaux, en particulier usées, comprenant au moins une première unité de traitement
5 biologique, l'alimentation de ladite unité étant assurée par une file d'eau primaire en amont, l'évacuation de ladite unité étant assurée par une file d'eau secondaire et une file de boue en aval, caractérisée en ce que l'installation comprend en outre une deuxième
10 unité comprenant un dispositif générateur de vortex, ledit dispositif étant en communication de fluide au moins avec l'une des files d'eau primaire, d'eau secondaire ou de boue, ladite installation comprenant également un circuit d'apport de fluide
additionnel en communication avec ladite file et/ou avec le dispositif générateur de vortex.

Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution sont énoncées ci-après.

15 Selon certaines caractéristiques, le gradient de vitesse moyen en sortie du premier dispositif générateur de vortex peut être supérieur à 400 s^{-1} , tandis que le facteur Gt est supérieur à 6000, pour une durée t comprise entre 10 s et 30 s.

Selon d'autres caractéristiques, le dispositif générateur de vortex peut être un puits de chute de forme sensiblement cylindrique doté d'une conduite d'alimentation formant
20 un angle α avec la section horizontale du puits.

Le puits de chute peut être un cylindre de diamètre compris entre 0,5 m et 6 m, de hauteur comprise entre 0,5 m et 3 m, de diamètre d'évacuation compris entre 65 mm et 2,6 m, et d'angle α compris entre 0 et 45 degrés, l'angle α étant l'angle que forme
25 l'arrivée du fluide issu des files d'eau primaire, d'eau secondaire ou de boue avec la tangente à la section du cylindre.

L'angle α peut être avantageusement nul de manière à former une admission tangentielle du fluide dans le puits de chute.

L'installation peut comprendre en outre un dispositif dissipateur d'énergie en aval du dispositif générateur de vortex, apte à transformer le régime turbulent du fluide issu
30 du dispositif générateur de vortex, en régime laminaire.

Le dispositif de dissipation d'énergie peut être compris dans la liste définie par les grilles de filtration et les chicanes.

La deuxième unité peut former une unité comprise dans la liste définie par les unités d'épaississement de boues, les unités de déshydratation de boues, les décanteurs primaires et secondaires physico-chimiques, les réacteurs de pré-anoxie, les réservoirs de contact, les réservoirs de stockage, les décanteurs.

5 L'installation peut comprendre un premier dispositif générateur de vortex de coagulation, un deuxième dispositif générateur de vortex de floculation, et un troisième dispositif compris dans la liste définie par les tranquilisateurs, les décanteurs, les enceintes de filtration

L'invention a également pour objet un procédé de traitement des eaux, en
10 particulier usées, comprenant au moins une première étape d'oxydation biologique dans une unité de traitement biologique, l'alimentation de ladite unité étant assurée par une file d'eau primaire, l'évacuation de ladite unité étant assurée par une file d'eau secondaire et une file de boue, caractérisé en ce que le procédé comprend une deuxième
15 étape au cours de laquelle on procède au passage de la file d'eau primaire ou secondaire ou de la file de boue, additivée avec un fluide additionnel dans un dispositif générateur de vortex, de manière à générer un mélange intime, l'additivation avec le fluide additionnel étant pratiquée dans la file d'eau primaire ou secondaire ou dans la file de boue, et/ou dans le premier dispositif générateur de vortex.

Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de
20 substitution sont énoncées ci-après.

Selon certaines caractéristiques, le gradient de vitesse moyen G et le facteur Gt peuvent être respectivement supérieurs à 400 s^{-1} et 6000 pour un temps t compris entre 10 s et 30 s , en sortie du dispositif générateur de vortex.

Selon d'autres caractéristiques, à l'issue du passage dans le dispositif générateur
25 de vortex de la file d'eau primaire ou secondaire ou de la file de boue, additivée avec le fluide additionnel, on peut procéder à une troisième étape de passage du mélange intime ainsi obtenu dans un deuxième dispositif dissipateur d'énergie, de manière à transformer le régime turbulent du fluide issu du premier dispositif générateur de vortex, en régime laminaire.

30 La deuxième étape peut être aussi une étape de coagulation ou de floculation de la file de boue.

La deuxième étape de coagulation ou de floculation de la file de boue peut être

complétée par une étape d'épaississement ou de déshydratation.

La deuxième étape peut être une étape de coagulation ou de floculation de la file d'eau secondaire.

La deuxième étape de coagulation ou de floculation de la file d'eau secondaire
5 peut être complétée par une étape de décantation ou de captation sur filtre.

La deuxième étape peut être une étape de pré-anoxie de la file d'eau primaire, ladite file étant additivée avec du méthanol.

La deuxième étape peut être une étape de désinfection de la file d'eau secondaire alimentant un réservoir de contact et de stockage, ladite file étant additivée avec un
10 oxydant.

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

- les FIGURES 1 et 2 correspondent chacune à une représentation schématique
15 de l'invention selon des modes de réalisation distincts,

- les FIGURES 3, 4, 5 correspondent chacune à des mises en œuvre de l'invention selon des applications particulière,

- les FIGURES 6 et 7 correspondent chacune à des résultats d'essais.

A des fins de clarté et de concision, les références sur les figures correspondent
20 aux mêmes éléments.

Les modes de réalisation décrits ci-avant étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, isolées des autres caractéristiques décrites (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette
25 sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier
30 l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

Le principe de l'invention tel que représenté en figures 1 et 2, repose sur des

unités dotées de dispositifs générateurs de vortex 10, 10a, 10b, alimentés respectivement avec les files d'eau secondaire ou de boue 14, 14a, 14b. Un réactif 13, 13a, 13b est généralement injecté soit directement dans la file soit directement dans le dispositif générateur de vortex.

5 Ces dispositifs générateurs de vortex favorisent le mélange intime d'au moins deux fluides et maximise l'énergie de mélange nécessaire à la coagulation et/ou floculation grâce à la récupération d'énergie hydraulique.

L'invention utilise l'énergie hydraulique du vortex qui est généré par la géométrie du dispositif et le fluide transporté pour la dispersion d'un réactif et pour le
10 mélange efficace entre le fluide et le réactif. Le dispositif générateur de vortex homogénéise le fluide et le réactif en réutilisant l'énergie hydraulique venue de l'amont.

Ainsi, sur la figure 2, le dispositif générateur de vortex 10a récupère l'énergie envoyée par la pompe 15.

De même, le dispositif générateur de vortex 10b récupère l'énergie gravitaire de
15 la file 14b.

De manière préférentielle, le gradient de vitesse moyen en sortie du premier dispositif générateur de vortex est supérieur à 400 s^{-1} , tandis que le facteur Gt est supérieur à 6000, pour une durée t comprise entre 10 s et 30 s.

La notion de gradient de vitesse traduit l'évolution de la vitesse au sein du
20 fluide. Le gradient de vitesse décrit la variation spatiale de la vitesse d'écoulement. Cette grandeur dépend de la contrainte de cisaillement appliquée et de la nature du fluide.

Le facteur Gt est un indicatif de puissance par unité de volume de l'écoulement d'un fluide. Il permet de déterminer aussi les performances des mélangeurs dynamiques
25 utilisés dans les cuves d'agitation. Le facteur $Gt = G \times \text{temps de contact}$; avec G en s^{-1} , t en secondes).

Ainsi et tels que représentés sur les figures 6 et 7, les gradients de vitesse créés sont importants puisque pour un temps de contact de 10,6 secondes (ou 40 m³/h), les gradients de vitesse G sont de 650 à 800.

30 Le gradient de vitesse G est fonction du débit mis en jeu et de la viscosité dynamique (dépendante de la température de l'eau ou de la boue). Pour un même volume de réacteur-mélangeur, le gradient de vitesse G mis en jeu évoluera en fonction de la température du fluide et du débit admis (voir Figure 7).

Sur la figure 6, est représentée l'évolution du gradient de vitesse d'un dispositif

générateur de vortex en fonction du temps de séjour pour différentes températures données. La zone définie par le rectangle constitue le domaine de fonctionnement.

Sur la figure 7, est représentée l'évolution du gradient de vitesse d'un dispositif générateur de vortex de 118 L en fonction du débit admis pour différentes températures 5 données. La zone définie par le cercle rassemble les points de fonctionnement cible.

A titre de comparaison, les gradients de vitesse utilisés pour les cuves de mélanges conventionnelles de coagulation et floculation sont inférieurs ou égales à 200 s^{-1} pour une cuve de coagulation au temps de contact de 3 min (facteur Gt d'environ 36 000) et pour une cuve de floculation au temps de contact de 15 min (facteur Gt 10 d'environ 180 000). Pour une gamme de temps de contact de 10 à 30 secondes et une gamme de facteur Gt de 6 000 à 14 000, le dispositif générateur de vortex crée un gradient de vitesse G permettant de renouveler le volume réactionnel traversier de 3 à 7 fois plus que les zones de mélange traditionnelles utilisées pour la coagulation-floculation.

15 Selon un mode de réalisation préférentiel, le dispositif générateur de vortex est un réacteur de forme sensiblement cylindrique ou tronconique doté d'une conduite d'alimentation 12 formant un angle α avec la tangente à la section horizontale du puits.

Avantageusement, le réacteur est un cylindre de diamètre compris entre 0,5 m et 6 m, de hauteur comprise entre 0,5 m et 3 m, de diamètre d'évacuation compris entre 65 20 mm et 2,6 m, et d'angle α compris entre 0 et 45 degrés, l'angle α étant l'angle que forme l'arrivée du fluide issu des files d'eau primaire, d'eau secondaire ou de boue avec la tangente à la section du cylindre. De cette façon, on peut atteindre un temps de séjour compris entre 10 et 30 secondes, ainsi qu'un gradient de vitesse supérieur à 400 s^{-1} .

A titre d'exemple, pour un débit minimum de 40 m^3/h , on atteint un gradient de 25 vitesse $G = 685 s^{-1}$ et un temps de contact $T = 9,2 s$, pour obtenir un $GT = 6296$.

Pour un débit maximum de 15 000 m^3/h , avec une hauteur de 2,5 m et un diamètre de 4,6 m on atteint un gradient de vitesse $G = 1470 s^{-1}$ et un temps de contact $T = 10,0 s$, pour obtenir un $GT = 14663$.

Pour un débit maximum de 15 000 m^3/h , avec une hauteur de 3 m et un diamètre 30 de 6 m on atteint un gradient de vitesse $G = 1127 s^{-1}$ et un temps de contact $T = 20,4 s$, pour obtenir un $GT = 22950$.

Selon un mode préférentiel, les arrivées de la file et du réactif sont positionnées de façon tangentielle à la section horizontale du dispositif générateur à vortex. De cette façon, on favorise la formation du vortex dans le dispositif du type « puits de chute »

d'une part et surtout, on assure d'autre part une dispersion et une répartition des deux fluides efficaces et homogènes au sein du dispositif.

Selon deux variantes, le réactif peut être injecté perpendiculairement à file ou bien directement dans le dispositif générateur de vortex, à l'opposé de l'arrivée de la file.

5 Le dispositif générateur de vortex peut être est un dispositif hydraulique constitué d'un profilé géométrique permettant l'admission tangentielle de la file et du réactif et la génération d'un vortex hydraulique selon l'équation du puits de chute de P. Ackers et de E. Crump.

Pour la définition du puits de chute, on pourra se référer au puits de chute de P. 10 Ackers et de E. Crump tel que défini dans l'article de Markus H. Kellenberg « Wirbelfallschächte in der Kanalisationstechnik » du numéro 98 « Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie » (Zürich, 1988).

A titre d'exemple, pour un débit de 40 m³/h et un réacteur de 100 L permettant la 15 génération d'un vortex selon le puits de chute de P. Ackers et de E. Crump, et pour une température de 15°C, le gradient de vitesse G est égal à 699 s⁻¹ pour un temps de contact de 9,0 secondes. Le facteur Gt de cette réalisation conforme à l'invention est égal à 6 300.

Les calculs ci-après expriment les résultats des paramètres de dimensionnement 20 : des réacteurs de coagulation et de floculation pour le domaine d'application traditionnel

Exemple : résultats pour 40 m ³ /h	Unité	Coagulation				Floculation	
		3	7	15	> 15	< 5	> 20
Température	°C	3	7	15	> 15	< 5	> 20
Temps de contact	min	3	2	1	0,5	30	15
Volume	L	2000	1333	667	333	20000	10000
P absorbée en eau	kW	0,15	0,14	0,06	0,03	1,5	0,5
Gradient de vitesse	s-1	216	272	251	251	223	224
Gt	-	38880	32640	15060	7530	401400	201600

Le dimensionnement traditionnel des réacteurs ou cuves de mélange de 25 coagulation et de floculation implique donc, lorsque les temps de contact sont compris entre 30 secondes à 30 minutes, un gradient de vitesse moyen à appliquer pour les étapes de coagulation et de floculation compris entre 300 s⁻¹ et des valeurs inférieures à 200 s⁻¹.

Pour des temps de contact compris entre 5 et 30 secondes (cas d'une eau à température > 15°C), le gradient de vitesse moyen à appliquer pour les étapes de coagulation et de floculation est compris entre 400/500 s⁻¹ et 250/300 s⁻¹.

Les calculs ci-après expriment les résultats des paramètres de dimensionnement pour un dispositif générateur de vortex :

Exemple : résultats pour 40 m ³ /h	Unité	dispositif générateur de vortex			
		3	7	15	20
Température	°C	3	7	15	20
Temps de contact	s	10,6	10,6	10,6	10,6
Volume	L	118	118	118	118
P absorbée en eau	kW	0,065	0,065	0,065	0,065
Gradient de vitesse	s ⁻¹	587	626	699	740
Gt	-	6224	6641	7407	7850

Ainsi, le gradient de vitesse généré par les dispositifs de vortex est maximal, ce qui favorise significativement l'homogénéisation d'un agent réactif (minéral ou organique) dans le fluide transféré (file d'eau secondaire ou file de boues).

10 Selon un perfectionnement de l'invention et tel que représenté en figures 1 et 2, l'unité comprend en outre un dispositif dissipateur d'énergie 11, 11a, 11b en aval du dispositif générateur de vortex, apte à transformer le régime turbulent du fluide issu du dispositif générateur de vortex, en régime laminaire.

Le dispositif dissipateur d'énergie permet la récupération et la dissipation de l'énergie hydraulique induite par le dispositif générateur de vortex. Le dispositif de dissipation d'énergie peut être matérialisé par des grilles de filtration, des chicanes, et également des tranquillisateurs. On entend par « tranquillisateur » un dispositif apte à casser le régime turbulent acquis lors du passage du fluide dans le dispositif générateur de vortex, tel qu'un cylindre pour un décanteur fonctionnant idéalement pour des vitesses au miroir inférieures à 90 m/h et qui reçoit le mélange de fluides dans son enceinte pour dissiper l'énergie hydraulique résiduelle avant l'entrée dans une unité avale de captation sur filtre ou de décantation.

Les figures 3, 4 et 5 schématisent des mises en œuvre possibles d'unités comportant un dispositif générateur de vortex ainsi qu'un dispositif dissipateur d'énergie.

Plus particulièrement sur chaque figure 3, 4, 5, est représentée une unité 6 de

traitement biologique, alimentée par une file d'eau primaire en amont. L'évacuation de ladite unité est assurée par une file d'eau secondaire FE et une file de boue FB en aval. La figure 3 concerne le traitement de la file d'eau secondaire tandis que les figures 4 et 5 concernent le traitement de la file de boue.

5 En figure 3, deux unités 2 et 3 sont disposées successivement en aval de l'unité 6 et reçoivent la file d'eau FE pour traitement. Chacune des unités comprend un dispositif générateur de vortex respectivement 1a, 1b en communication de fluide au moyen d'une conduite 12 avec la file d'eau secondaire pour le premier dispositif lui-même en communication de fluide avec le second.

10 Chacun des dispositifs générateurs de vortex est alimenté avec un fluide secondaire qui peut déboucher soit directement dans les conduites d'amenée de la file d'eau secondaire, soit dans les dispositifs générateurs de vortex.

 L'alimentation en fluide secondaire s'effectue préférentiellement perpendiculairement à la file d'eau ou bien directement dans le dispositif générateur de
15 vortex, à l'opposé de l'arrivée de la file.

 Le premier dispositif générateur de vortex est alimenté en fluide secondaire du type « agent de coagulation » alors que le second dispositif générateur de vortex est alimenté en fluide secondaire du type « agent de floculation ». Ainsi, les unités 2 et 3 forment pour la première un réacteur de coagulation et pour la seconde un réacteur de
20 floculation.

 En termes de procédé, le traitement des eaux, en particulier usées, comprend au moins une première étape d'oxydation biologique dans l'unité 6 de traitement biologique alimentée par une file d'eau primaire. S'ensuit une deuxième étape au cours de laquelle on procède au passage de la file d'eau secondaire, additivée avec un agent de
25 coagulation dans un premier dispositif générateur de vortex, de manière à générer un mélange intime. L'additivation avec le fluide additionnel étant pratiquée dans la file d'eau secondaire ou directement dans le premier dispositif générateur de vortex. S'ensuit une troisième étape au cours de laquelle on procède au passage de la file d'eau secondaire, additivée avec un agent de floculation dans un deuxième dispositif
30 générateur de vortex, de manière à générer également un mélange intime.

 Avantageusement, les dispositifs générateurs de vortex sont conçus et dimensionnés de sorte que le gradient de vitesse moyen G et le facteur Gt soient respectivement supérieurs à 400 s^{-1} et 6000 pour t compris entre 10 s et 30 s, en sortie du dispositif générateur de vortex.

A l'issue du passage de la file d'eau secondaire dans les dispositifs générateurs de vortex, l'eau ainsi traitée est acheminée vers un décanteur ou bien une unité de captation sur filtre 4.

Dans le cas où l'eau ainsi traitée est acheminée vers un décanteur, il est
5 avantageux d'ajouter avant le passage dans le décanteur, un passage dans un dispositif de dissipation d'énergie.

Dans le cas où l'eau ainsi traitée est acheminée vers une unité de captation sur filtre, le passage dans un dispositif de dissipation d'énergie n'est pas nécessaire.

Bien entendu, à l'issue de chacun des passages de la file dans les dispositifs
10 générateurs de vortex, il est avantageux d'implémenter un passage dans un dispositif de dissipation d'énergie afin de retrouver un écoulement quasi-laminaire.

En figure 4, une unité 3 est disposée en aval de l'unité 6 et reçoit la file de boue FB pour traitement. L'unité comprend un dispositif générateur de vortex 1 en communication de fluide au moyen d'une conduite 12' avec la file de boue. Le
15 dispositif générateur de vortex est alimenté avec un fluide secondaire du type « agent de floculation » qui peut déboucher soit directement dans les conduites d'amenée la boue, soit dans le dispositif générateur de vortex. Ainsi, l'unité 3 forme un réacteur de floculation.

En termes de procédé, le traitement des eaux, en particulier usées, comprend au
20 moins une première étape d'oxydation biologique dans l'unité 6 de traitement biologique alimentée par une file d'eau primaire. S'ensuit une deuxième étape au cours de laquelle on procède au passage de la boue, additivée avec un agent de floculation dans un dispositif générateur de vortex, de manière à générer un mélange intime. L'additivation avec le fluide additionnel étant pratiquée dans la file de boue ou dans le
25 premier dispositif générateur de vortex.

Avantageusement, le dispositif générateur de vortex est conçu et dimensionné de sorte que le gradient de vitesse moyen G et le facteur Gt soient respectivement supérieurs à 400 s^{-1} et 6000 pour t compris entre 10 s et 30 s, en sortie du dispositif générateur de vortex.

30 A l'issue du passage de la file de boue dans le dispositif générateur de vortex, la boue ainsi traitée est acheminée vers une unité de déshydratation 5, dotée par exemple de filtres à grilles ou de filtres à bandes.

Bien entendu, à l'issue du passage de la file dans le dispositif générateur de vortex, il est avantageux d'implémenter un passage dans un dispositif de dissipation

d'énergie afin de retrouver un écoulement quasi-laminaire.

En figure 5, deux unités 2 et 3 sont disposées successivement en aval de l'unité 6 et reçoivent la file de boue FB pour traitement. Chacune des unités comprend un dispositif générateur de vortex respectivement 1a, 1b en communication de fluide au
5 moyen d'une conduite 12' avec la file de boue pour le premier dispositif lui-même en communication de fluide avec le second. Chacun des dispositifs générateurs de vortex est alimenté avec un fluide secondaire qui peut déboucher soit directement dans les conduites d'amenée de la file de boue, soit dans les dispositifs générateurs de vortex. Le premier dispositif générateur de vortex est alimenté en fluide secondaire du type « agent
10 de coagulation » alors que le second dispositif générateur de vortex est alimenté en fluide secondaire du type « agent de floculation ». Ainsi, les unités 2 et 3 forment pour la première un réacteur de coagulation et pour la seconde un réacteur de floculation.

En termes de procédé, le traitement des eaux, en particulier usées, comprend au moins une première étape d'oxydation biologique dans l'unité 6 de traitement
15 biologique alimentée par une file d'eau primaire. S'ensuit une deuxième étape au cours de laquelle on procède au passage de la file de boue, additivée avec un agent de coagulation dans un premier dispositif générateur de vortex, de manière à générer un mélange intime. L'additivation avec le fluide additionnel étant pratiquée dans la file de boue ou dans le premier dispositif générateur de vortex. S'ensuit une troisième étape au
20 cours de laquelle on procède au passage de la file de boue, additivée avec un agent de floculation dans un deuxième dispositif générateur de vortex, de manière à générer également un mélange intime.

Avantageusement, les dispositifs générateurs de vortex sont conçus et dimensionnés de sorte que le gradient de vitesse moyen G et le facteur Gt soient
25 respectivement supérieurs à 400 s^{-1} et 6000 pour t compris entre 10 s et 30 s, en sortie du dispositif générateur de vortex.

A l'issue du passage de la file de boue dans le deuxième dispositif générateur de vortex, la boue ainsi traitée est acheminée vers une unité de déshydratation 5, qui peut être munie de filtres à grille ou de filtres à bandes.

30 Bien entendu, à l'issue de chacun des passages de la file dans les dispositifs générateurs de vortex, il est avantageux d'implémenter un passage dans un dispositif de dissipation d'énergie afin de retrouver un écoulement quasi-laminaire.

Tel que décrit précédemment, les dispositifs générateurs de vortex trouvent leur application pour :

- L'injection de flocculant dans une unité d'épaississement des boues,
 - L'injection de flocculant dans une unité de déshydratation des boues,
 - L'injection de coagulant et de flocculant dans un décanteur primaire ou secondaire physico-chimique,
- 5 - L'injection de flocculant dans un décanteur ou bien dans un décanteur-épaississeur,

Toutefois, les dispositifs générateurs de vortex ne sont pas limités aux applications mentionnées précédemment. Il est en effet envisagé qu'ils trouvent également leur application pour :

- 10 - L'injection de méthanol dans une enceinte de pré-anoxie d'un réacteur biologique,
- L'injection d'un oxydant tel que de l'eau de Javel dans un réservoir de contact ou de stockage.

En résumé, l'installation et le procédé selon l'invention mettent en oeuvre un vortex en utilisant l'énergie de transport du fluide à traiter (pas de consommation
15 d'énergie supplémentaire dédiée au mélange). Elle comprend un dispositif faisant office de mélangeur robuste peu sensible aux bouchages qui agit comme un homogénéisateur/régulateur de fluides.

On constate une amélioration de la dispersion du réactif dans la file, qui permet une diminution de la consommation de réactifs. Le dosage de réactif s'en trouve
20 optimisé ce qui réduit le volume réactionnel des étapes de traitement telles que la coagulation et/ou la floculation.

En résumé, l'invention peut s'appliquer aussi bien aux traitements des filières d'eaux usées, tout comme il peut s'appliquer aux traitements de potabilisation.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et
25 de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. De plus, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associés les uns avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou exclusifs les uns des autres.

Revendications

- [Revendication 1] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, comprenant au moins une première unité (6) de traitement biologique, l'alimentation de ladite unité étant assurée par une file d'eau primaire en amont, l'évacuation de ladite unité étant assurée par une file d'eau secondaire et une file de boue en aval, caractérisée en ce que l'installation comprend en outre une deuxième unité (1, 1a, 1b) comprenant un dispositif de mélange générateur de vortex (10, 10a, 10b) du type puits de chute, ledit dispositif étant en communication de fluide au moins avec l'une des files d'eau primaire, d'eau secondaire ou de boue (14, 14a, 14b), ladite installation comprenant également un circuit d'apport de fluide additionnel (13, 13a, 13b) en communication avec ladite file et/ou avec le dispositif de mélange générateur de vortex, le dispositif de mélange générateur de vortex étant doté d'une sortie unique pour évacuer le mélange intime entre le fluide additionnel et l'eau ou la boue de la file, formé dans le dispositif de mélange.
- [Revendication 2] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gradient de vitesse moyen en sortie du dispositif de mélange générateur de vortex est supérieur à 400 s^{-1} , tandis que le facteur Gt est supérieur à 6000, pour une durée t comprise entre 10 s et 30 s.
- [Revendication 3] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de mélange générateur de vortex est un puits de chute de forme sensiblement cylindrique doté d'une conduite d'alimentation (12) formant un angle α avec la section horizontale du puits.
- [Revendication 4] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 3, caractérisé en ce que le puits de chute est un cylindre de diamètre compris entre 0,5 m et 6 m, de hauteur comprise entre 0,5 m et 3 m, de diamètre d'évacuation compris entre 65 mm et 2,6 m, et d'angle α compris entre 0 et 45 degrés, l'angle α étant l'angle que forme l'arrivée du fluide issu des files d'eau primaire, d'eau secondaire ou de boue avec la tangente à la section du cylindre.
- [Revendication 5] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'angle α est nul de manière à former une admission tangentielle du fluide dans le puits de chute.
- [Revendication 6] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une

quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'installation comprend en outre un dispositif dissipateur d'énergie (11, 11a, 11b) en aval du premier dispositif générateur de vortex, apte à transformer le régime turbulent du fluide issu du premier dispositif générateur de vortex, en régime laminaire.

- [Revendication 7] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de dissipation d'énergie est compris dans la liste définie par les grilles de filtration et les chicanes.
- [Revendication 8] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième unité (1, 1a, 1b) forme une unité comprise dans la liste définie par les unités d'épaississement de boues, les unités de déshydratation de boues, les décanteurs primaires et secondaires physico-chimiques, les réacteurs de pré-anoxie, les réservoirs de contact, les réservoirs de stockage, les décanteurs.
- [Revendication 9] Installation de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'installation comprend un premier dispositif générateur de vortex de coagulation, un deuxième dispositif générateur de vortex de floculation, et un troisième dispositif (40) compris dans la liste définie par les tranquillisateurs, les décanteurs, les enceintes de filtration.
- [Revendication 10] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, comprenant au moins une première étape d'oxydation biologique dans une unité (6) de traitement biologique, l'alimentation de ladite unité étant assurée par une file d'eau primaire, l'évacuation de ladite unité étant assurée par une file d'eau secondaire et une file de boue, caractérisé en ce que le procédé comprend une deuxième étape au cours de laquelle on procède au passage de la file d'eau primaire ou secondaire ou de la file de boue, additivée avec un fluide additionnel dans un dispositif de mélange générateur de vortex (10, 10a, 10b) du type puit de chute, de manière à générer un mélange intime, l'additivation avec le fluide additionnel étant pratiquée dans la file d'eau primaire ou secondaire ou dans la file de boue, et/ou dans le dispositif de mélange générateur de vortex, le dispositif de mélange générateur de vortex étant doté d'une sortie unique pour évacuer le mélange intime entre le fluide additionnel et l'eau ou la boue de la file, formé dans le dispositif de mélange.
- [Revendication 11] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le gradient de vitesse moyen

G et le facteur Gt sont respectivement supérieurs à 400 s^{-1} et 6000 pour t compris entre 10 s et 30 s, en sortie du dispositif de mélange générateur de vortex.

- [Revendication 12] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce qu'à l'issue du passage dans le dispositif de mélange générateur de vortex de la file d'eau primaire ou secondaire ou de la file de boue, additivée avec le fluide additionnel, on procède à une troisième étape de passage du mélange intime ainsi obtenu dans un dispositif (11, 11a, 11b) dissipateur d'énergie, de manière à transformer le régime turbulent du fluide issu du dispositif de mélange générateur de vortex, en régime laminaire.
- [Revendication 13] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la deuxième étape est une étape de coagulation (2) ou de floculation (3) de la file de boue.
- [Revendication 14] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 13, caractérisé en ce que la deuxième étape de coagulation (2) ou de floculation (3) de la file de boue est complétée par une étape d'épaississement ou de déshydratation.
- [Revendication 15] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la deuxième étape est une étape de coagulation (2) ou de floculation (3) de la file d'eau secondaire.
- [Revendication 16] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon la revendication 15, caractérisé en ce que la deuxième étape de coagulation (2) ou de floculation (3) de la file d'eau secondaire est complétée par une étape de décantation ou de captation sur filtre.
- [Revendication 17] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la deuxième étape est une étape de pré-anoxie de la file d'eau primaire, ladite file étant additivée avec du méthanol.
- [Revendication 18] Procédé de traitement des eaux, en particulier usées, selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la deuxième étape est une étape de désinfection de la file d'eau secondaire alimentant un réservoir de contact et de stockage, ladite file étant additivée avec un oxydant du type eau de Javel.

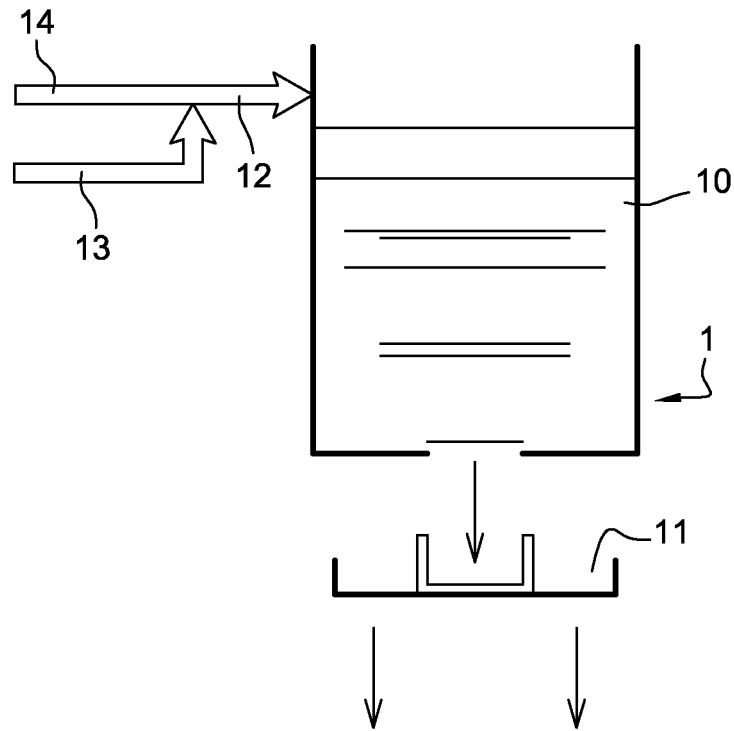


Fig. 1

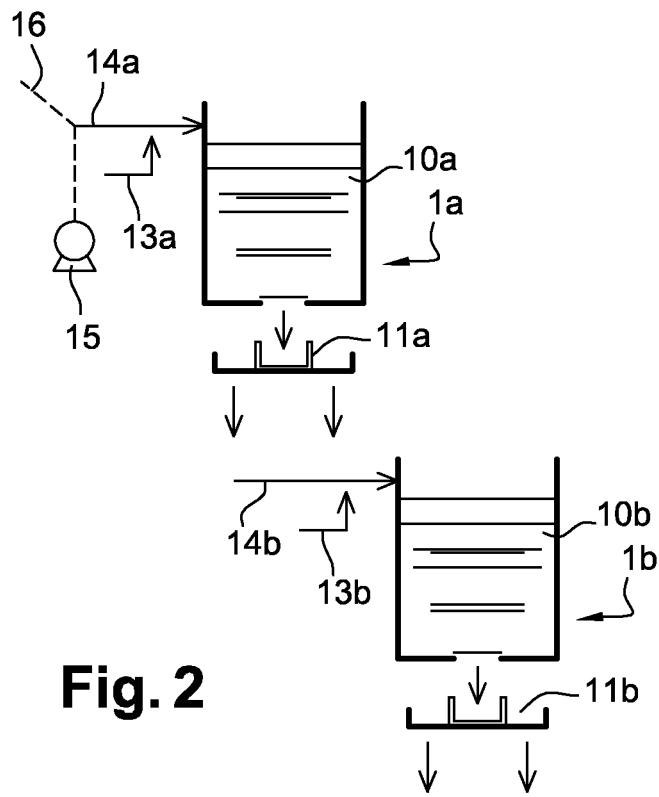
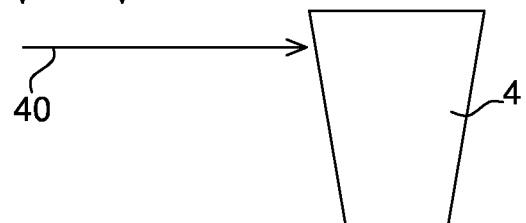


Fig. 2



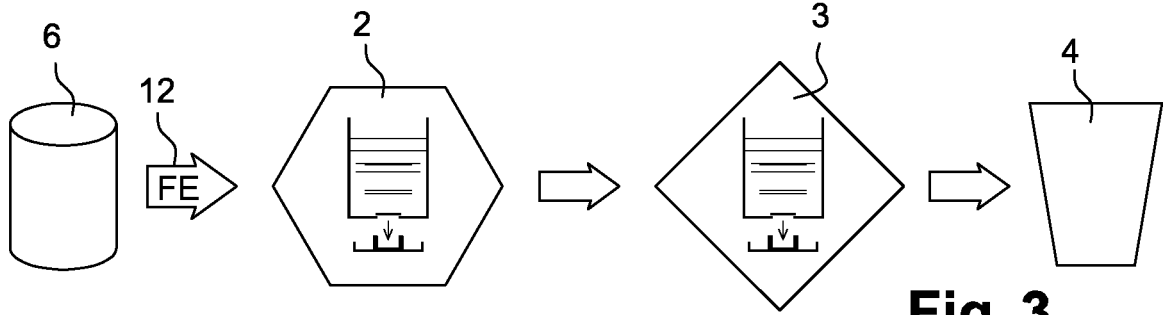


Fig. 3

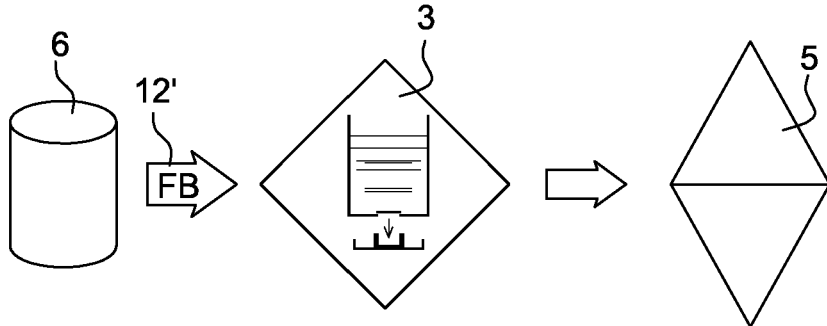


Fig. 4

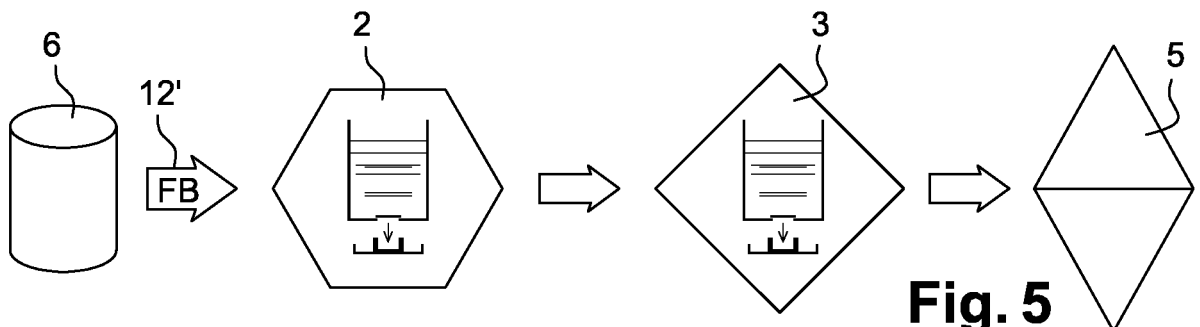
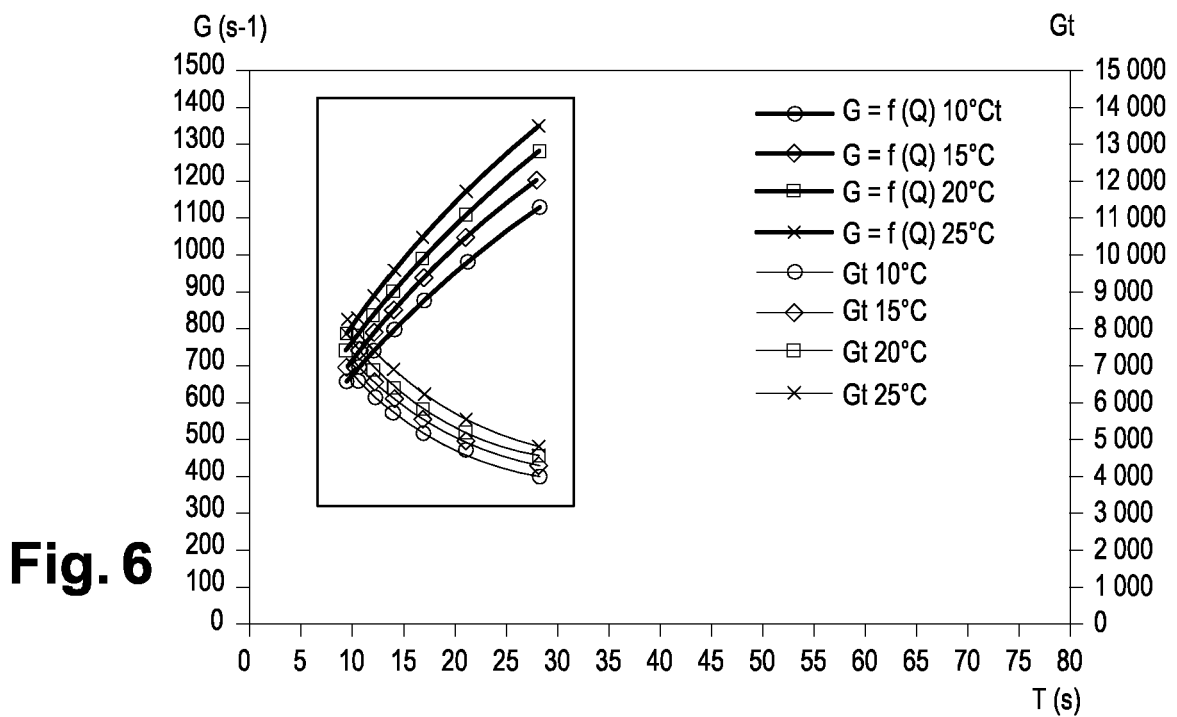


Fig. 5



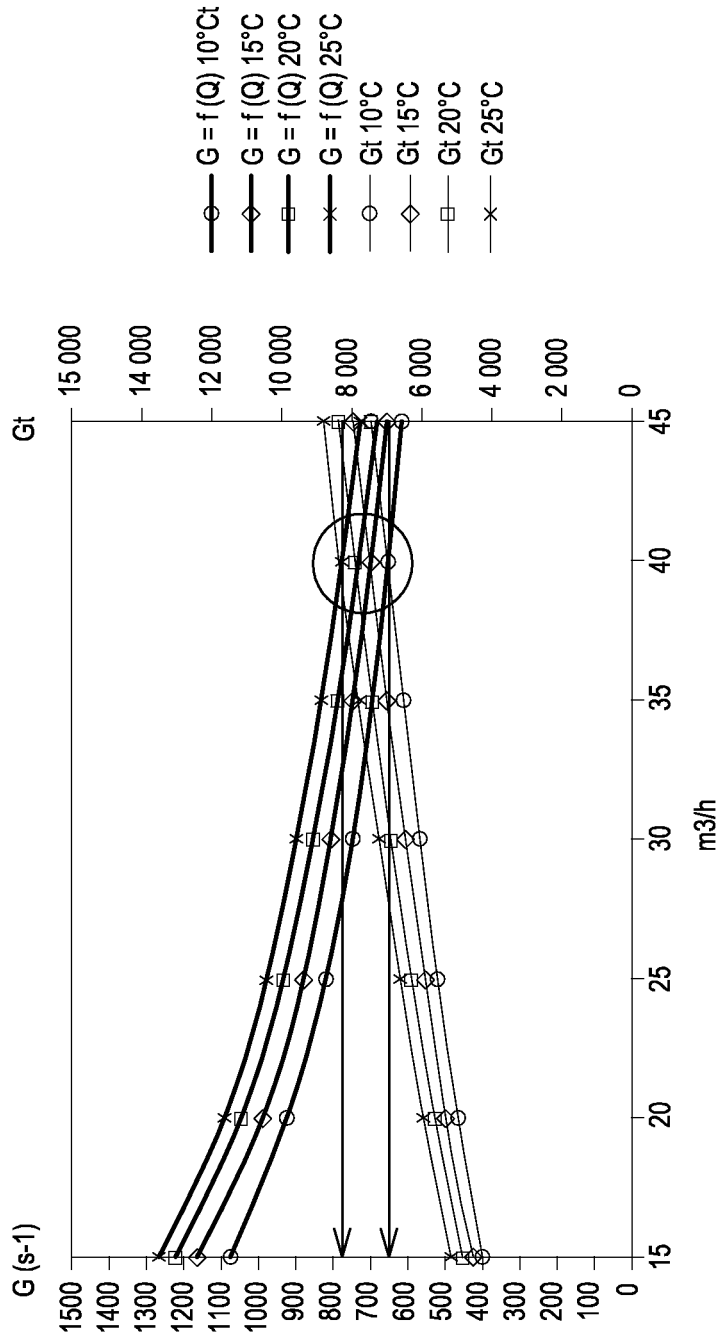


Fig. 7

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

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

WO 2007/098298 A2 (OTV SA [FR]; SUN JYH-WEI [US]) 30 août 2007 (2007-08-30)

WO 2014/189773 A1 (VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH [FR]; DIMASSIMO RICHARD [US]; GUTSHALL M) 27 novembre 2014 (2014-11-27)

WO 2009/130813 A1 (TOKYO ELECTRIC POWER ENVIRONME [JP]; SAKAMA SHIGERU; HORATA KEIZO; KOT) 29 octobre 2009 (2009-10-29)

US 4 031 006 A (RAMIREZ ERNEST R ET AL) 21 juin 1977 (1977-06-21)

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

NEANT