

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 147 861

21 N° d'enregistrement national : 23 03700

51 Int Cl⁸ : G 01 D 21/02 (2023.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PCFR SAS — FR.

72 Inventeur(s) : Hoy Lane, Darok Xavier, ETTLING
COEFFIER Sébastien, BRUNIER René et Dupuis
Lucas.

73 Titulaire(s) : PCFR SAS.

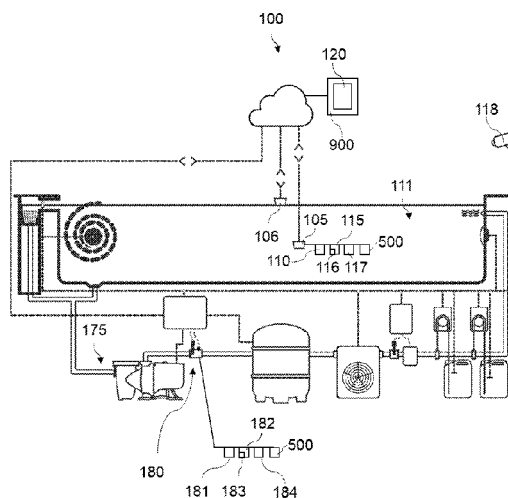
74 Mandataire(s) : CASSIOPI.

54 SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE D'INSTALLATION AQUATIQUE.

57 TITRE DE L'INVENTION : SYSTÈME ET PROCÉDÉ
DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE D'INSTALLATION
AQUATIQUE

Le système de maintenance prédictive d'installation aquatique (100) comporte : - au moins un capteur physique/chimique (110, 115, 116, 117, 181, 182, 183, 184) en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique, et - au moins un processeur (120) configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes : - fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentatives d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement et - détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de l'événement.

Figure pour l'abrégé : Figure 1



FR 3 147 861 - A1



Description

Titre de l'invention : SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE D'INSTALLATION AQUATIQUE

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un système de maintenance prédictive d'installation aquatique et un procédé de maintenance prédictive d'installation aquatique. Elle s'applique notamment au domaine du traitement physique et chimique de l'eau et au domaine du traitement physique et chimique de l'eau in situ. La présente invention s'applique aux activités aquatiques récréatives commerciales et résidentielles (piscines, spas, aires de jets d'eau, jeux d'eau, fontaines à eau, parcs aquatiques, installations de bien-être, installations de thérapie, rivières paresseuses, etc.) et à tout secteur ou segment de marché similaire où l'eau est traitée et/ou surveillée dans un circuit semi-fermé et/ou fermé (tel que les eaux usées, le recyclage de l'eau, l'eau industrielle, l'eau potable, l'eau pour animaux, etc.) et à tout secteur ou segment de marché similaire où l'eau est utilisée en tant que partie du processus (tel que le refroidissement par évaporation pour la production d'énergie et les centres de données, le chauffage, la ventilation et la climatisation, et la gestion de l'eau stockée pour l'extinction d'incendies, etc.).

Etat de la technique

[0002] Les approches décrites dans la présente section sont des approches qui peuvent être poursuivies, mais pas nécessairement des approches qui ont été conçues ou poursuivies auparavant. Par conséquent, sauf indication contraire, il ne faut pas présumer que toutes les approches décrites dans la présente section sont considérées comme faisant partie de l'art antérieur sous le simple prétexte qu'elles sont incluses dans la présente section.

[0003] Dans les systèmes numériques actuels de contrôle et de surveillance d'installations aquatiques, tels que les systèmes de contrôle et de surveillance de piscines, des alertes associées à un besoin de maintenance de telles installations sont émises en fonction de la valeur d'un paramètre opérationnel d'un élément associé à l'installation aquatique et d'un seuil d'alerte correspondant. Un tel paramètre opérationnel peut correspondre, par exemple, à la nécessité de changer un consommable vide de l'installation, de nettoyer l'installation et/ou le filtre ou de procéder à l'entretien d'une pompe de circulation.

[0004] De tels systèmes fonctionnent sur une base élément par élément et sont linéaires dans leurs manières de fonctionner, étant donné qu'ils se limitent à la comparaison d'une valeur de paramètre opérationnel à un seuil pour déterminer un besoin d'intervention

et/ou de maintenance.

[0005] Cependant, les paramètres opérationnels d'installations aquatiques interagissent les uns avec les autres, ce qui rend les systèmes de contrôle et de surveillance linéaires inexacts, étant donné qu'une situation d'installation aquatique peut se détériorer plus rapidement que prévu par les systèmes de contrôle et de surveillance traditionnels et linéaires. Pour pallier de tels défauts, les valeurs des seuils d'alerte sont d'ordinaire compensées, ce qui conduit à des alertes plus précoces que nécessaire et, dans le pire des cas, à un manque de prise en compte par les utilisateurs de ces alertes qui peuvent être jugées trop conservatrices.

[0006] De plus, de tels systèmes s'arrêtent d'ordinaire à l'émission d'alertes, et la maintenance réelle de l'installation aquatique est traitée en dehors de ces systèmes. Par conséquent, la maintenance peut ou non être effectuée, et ceci n'interagit en aucun cas avec ces systèmes en dehors du fait que la valeur surveillée peut ou non déclencher une alerte si la cause de l'alerte a fait l'objet d'une maintenance correcte.

[0007] Tous ces systèmes sont donc insatisfaisants en termes de ponctualité et de précision de la maintenance d'installations aquatiques, ainsi qu'en termes de capacité à surveiller l'état et les opérations de maintenance liées à une installation aquatique ou à un ensemble de telles installations aquatiques, ainsi qu'en termes de capacité à gérer les besoins et l'utilisation de ressources consommables pour maintenir un état de l'eau idéal en conformité avec les points de consigne de l'utilisateur et/ou de l'opérateur (comme la consommation d'énergie, la consommation d'eau et la consommation pour un traitement chimique associé). Pour les utilisateurs responsables de dizaines ou de centaines de ces installations aquatiques, ces problèmes s'aggravent pour générer une perte de temps importante pour l'opérateur de maintenance, augmentant également considérablement le risque que les exigences de maintenance ne soient pas remplies à temps, entraînant un risque pour la santé et la sécurité des utilisateurs et des agents d'entretien et une dégradation permanente des installations aquatiques, ainsi qu'une augmentation considérable du coût d'exploitation avec un excès de besoins et/ou d'utilisation de ressources consommables pour maintenir un état idéal de l'eau en conformité avec les points de consigne de l'utilisateur et/ou de l'opérateur (comme la consommation d'énergie, la consommation d'eau et la consommation pour le traitement chimique associé).

Résumé de l'invention

[0008] La présente invention vise à surmonter les inconvénients susmentionnés ainsi que d'autres inconvénients qui pourraient être surmontés, bien que non mentionnés dans la description ci-dessous.

[0009] Les inventeurs ont découvert que l'utilisation d'un modèle d'apprentissage au-

tomatique entraîné pour prévoir un risque d'occurrence d'un événement négatif et/ou dommageable et/ou d'une augmentation de l'utilisation et/ou du besoin de consommables (comme consommation d'énergie, consommation d'eau et consommation pour traitement chimique associé) dans une installation aquatique, soit par rapport à l'eau de l'installation et/ou aux installations elles-mêmes et/ou aux équipements installés, associée à une capacité de planification des tâches de maintenance, permettent une maintenance proactive et optimisée en termes de temps et/ou de coûts, ce modèle étant également utilisé pour prévoir les risques pour la santé et la sécurité des utilisateurs et des techniciens de maintenance.

[0010] Un tel modèle d'apprentissage automatique peut être entraîné sur une variété de données, à la fois internes à l'eau ou à l'installation et externes.

[0011] De telles données peuvent provenir d'une variété de capteurs et de sources de données.

[0012] De tels capteurs peuvent en particulier être intégrés dans des équipements installés et des véhicules mobiles flottants et/ou submersibles, qui fonctionnent au sein d'installations aquatiques.

[0013] De tels capteurs peuvent en particulier correspondre à des dispositifs spécifiques de mesure d'alcalinité totale.

[0014] De telles sources de données peuvent en particulier correspondre à des bases de données et sources de données de réseau et Internet.

Brève description des dessins

[0015] D'autres avantages, objectifs et caractéristiques particulières de l'invention ressortiront clairement de la description non exhaustive suivante d'au moins un système et un procédé particuliers faisant l'objet de la présente invention, en relation avec les dessins annexés à celle-ci, sur lesquels :

[0016] la [Fig.1] représente, schématiquement, un mode de réalisation particulier d'un système objet de la présente invention,

[0017] la [Fig.2] représente, schématiquement et sous la forme d'un organigramme, une première succession particulière d'étapes d'un procédé objet de la présente invention,

[0018] la [Fig.3] représente, schématiquement, un mode de réalisation particulier d'un véhicule submersible utilisé dans le système objet de la présente invention,

[0019] la [Fig.4] représente, schématiquement, un mode de réalisation particulier d'un véhicule flottant utilisé dans le système objet de la présente invention,

[0020] la [Fig.5] représente, schématiquement, une première vue d'un capteur particulier qui peut être utilisé dans le système objet de la présente invention,

[0021] la [Fig.6] représente, schématiquement, une seconde vue d'un capteur particulier qui peut être utilisé dans le système objet de la présente invention,

- [0022] la [Fig.7] représente, schématiquement, un graphique représentant une succession de mesures de pH au niveau de la couche limite d'une masse d'eau pour différentes valeurs d'alcalinité totale,
- [0023] la [Fig.8] représente, schématiquement et sous la forme d'un organigramme, une seconde succession particulière d'étapes d'un procédé objet de la présente invention, et
- [0024] la [Fig.9] représente, schématiquement, un système informatique capable de réaliser un procédé objet de la présente invention.

Description détaillée

- [0025] La présente description n'est pas exhaustive, car chaque caractéristique d'un mode de réalisation peut être combinée avec toute autre caractéristique d'un quelconque autre mode de réalisation de manière avantageuse.
- [0026] Divers concepts inventifs peuvent être concrétisés sous forme d'un ou plusieurs procédés, dont un exemple a été fourni. Les actes effectués en tant que partie du procédé peuvent être ordonnés d'une quelconque manière appropriée. Par conséquent, il est possible de concevoir des modes de réalisation dans lesquels des actes sont réalisés dans un ordre différent de celui illustré, ce qui peut inclure la réalisation simultanée de certains actes, même s'ils sont représentés comme des actes séquentiels dans des modes de réalisation illustratifs.
- [0027] L'expression « et/ou » telle qu'utilisée ici dans le mémoire descriptif et dans les revendications, doit être entendue comme signifiant « l'un ou l'autre ou les deux » des éléments ainsi conjugués, c'est-à-dire des éléments qui sont présents de manière conjonctive dans certains cas et de manière disjonctive dans d'autres cas. Plusieurs éléments répertoriés avec « et/ou » doivent être interprétés de la même manière, c'est-à-dire comme « un ou plusieurs » des éléments ainsi conjugués. D'autres éléments autres que les éléments identifiés de manière spécifique par la clause « et/ou », peuvent facultativement être présents, qu'ils soient liés ou non à ces éléments identifiés de manière spécifique. Ainsi, à titre d'exemple non limitatif, une référence à « A et/ou B », lorsqu'elle est utilisée en conjugaison avec un langage ouvert tel que « comprenant », peut faire référence, dans un mode de réalisation, à A uniquement (incluant facultativement des éléments autres que B) ; dans un autre mode de réalisation, à B uniquement (incluant facultativement des éléments autres que A) ; dans encore un autre mode de réalisation, à la fois à A et à B (incluant facultativement d'autres éléments) ; etc.
- [0028] Tel qu'il est utilisé ici dans le mémoire descriptif et dans les revendications, « ou » doit être entendu comme ayant la même signification que « et/ou » telle que définie ci-dessus. Par exemple, lors de la séparation d'éléments dans une liste, « ou » ou « et/ou » doit être interprété comme étant inclusif, c'est-à-dire comme incluant au moins un

élément, mais incluant aussi plusieurs d'un nombre ou d'une liste d'éléments, et facultativement, d'autres éléments n'étant pas répertoriés dans la liste.

[0029] Telle qu'elle est utilisée ici dans le mémoire descriptif et dans les revendications, l'expression « au moins un », en référence à une liste d'un ou plusieurs éléments, doit être entendue comme signifiant au moins un élément sélectionné parmi un ou plusieurs quelconques des éléments de la liste d'éléments, mais n'incluant pas nécessairement au moins un de chaque élément répertorié de manière spécifique dans la liste d'éléments et n'excluant aucune combinaison d'éléments dans la liste d'éléments. Cette définition permet également que des éléments, autres que les éléments identifiés de manière spécifique dans la liste des éléments auxquels la phrase « au moins un » fait référence, puissent facultativement être présents, qu'ils soient liés ou non à ces éléments identifiés de manière spécifique. Ainsi, à titre d'exemple non limitatif, « au moins un de A et B » (ou, de manière équivalente, « au moins un de A ou B » ou de manière équivalente, « au moins un de A et/ou B ») peut faire référence, dans un mode de réalisation, à au moins un, incluant facultativement plus d'un, A, sans B présent (et incluant facultativement des éléments autres que B) ; dans un autre mode de réalisation, à au moins un, incluant facultativement plus d'un, B, sans A présent (et incluant facultativement des éléments autres que A) ; dans encore un autre mode de réalisation, à au moins un, incluant facultativement plus d'un, A, et à au moins un, incluant facultativement plus d'un, B (et incluant facultativement d'autres éléments) ; etc.

[0030] Dans les revendications, ainsi que dans le mémoire descriptif ci-dessus, toutes les expressions de transition telles que « comprenant », « incluant », « portant », « ayant », « contenant », « impliquant », « détenant », « composé(e) de » et similaires doivent être entendues comme étant ouvertes, c'est-à-dire comme incluant, mais sans se limiter à. Seules les expressions de transition « consistant en » et « consistant essentiellement en » doivent être entendues respectivement comme des expressions de transition fermées ou semi-fermées.

[0031] Selon au moins un mode de réalisation, les techniques décrites ici sont mises en œuvre par au moins un dispositif informatique. Les techniques peuvent être mises en œuvre en totalité ou en partie à l'aide d'une combinaison d'au moins un ordinateur serveur et/ou d'autres dispositifs informatiques qui sont couplés à l'aide d'un réseau, tel qu'un réseau de données par paquets. Les dispositifs informatiques peuvent être câblés pour effectuer les techniques ou peuvent inclure des dispositifs électroniques numériques tels qu'au moins un circuit intégré spécifique à une application (ASIC) ou un réseau prédéfini programmable par l'utilisateur (FPGA) qui est programmé de manière persistante pour effectuer les techniques ou peut inclure au moins un processeur matériel à usage général programmé pour effectuer les techniques

conformément aux instructions de programme dans le micrologiciel, la mémoire, une autre unité de stockage ou une combinaison. De tels dispositifs informatiques peuvent également combiner une logique câblée personnalisée, des ASIC ou des FPGA avec une programmation personnalisée pour accomplir les techniques décrites. Les dispositifs informatiques peuvent être des ordinateurs serveurs, des postes de travail, des ordinateurs personnels, des systèmes informatiques portables, des dispositifs portatifs, des dispositifs informatiques mobiles, des dispositifs portables, des dispositifs montés ou implantables dans le corps, des smartphones, des appareils intelligents, des dispositifs d'interconnexion de réseaux, des dispositifs autonomes ou semi-autonomes tels que des robots ou des véhicules terrestres ou aériens sans pilote, tout autre dispositif électronique qui intègre une logique câblée et/ou de programme pour mettre en œuvre les techniques décrites, une ou plusieurs machines ou instances informatiques virtuelles dans un centre de données et/ou un réseau d'ordinateurs serveurs et/ou d'ordinateurs personnels.

[0032] Selon au moins un mode de réalisation, la présente invention utilise un logiciel, stocké sous forme d'instructions dans une mémoire, une ROM ou une unité stockage qui peut comporter un ou plusieurs ensembles d'instructions qui sont organisés en modules, procédés, objets, fonctions, routines ou appels. Les instructions peuvent être organisées en un ou plusieurs programmes informatiques, services de système d'exploitation ou programmes d'application, y compris des applications mobiles. Les instructions peuvent comporter un système d'exploitation et/ou un logiciel système ; une ou plusieurs bibliothèques pour prendre en charge le multimédia, la programmation ou d'autres fonctions ; des instructions ou piles de protocoles de données pour mettre en œuvre les protocoles TCP/IP, HTTP ou d'autres protocoles de communication ; des instructions de traitement de format de fichier pour analyser ou restituer des fichiers codés en HTML, XML, JPEG, MPEG ou PNG ; des instructions d'interface utilisateur pour restituer ou interpréter des commandes pour une interface utilisateur graphique (IUG), une interface de ligne de commande ou une interface utilisateur texte ; des logiciels d'application tels qu'une suite bureautique, des applications d'accès à Internet, des applications de conception et de fabrication, des applications graphiques, des applications audio, des applications d'ingénierie logicielle, des applications éducatives, des jeux ou des applications diverses. Les instructions peuvent mettre en œuvre un serveur Web, un serveur d'applications Web ou un client Web. Les instructions peuvent être organisées comme une couche de présentation, une couche d'application et une couche de stockage de données, comme un système de base de données relationnelle utilisant un langage d'interrogation structuré (SQL) ou sans SQL, un magasin d'objets, une base de données orientée graphe, un système de fichiers plats ou une autre unité de stockage de données.

[0033] L'exécution d'instructions telle que décrite dans la présente section peut mettre en œuvre un processus sous la forme d'une instance d'un programme informatique qui est exécuté et consistant en un code de programme et son activité en cours. En fonction du système d'exploitation (OS), un processus peut être composé de multiples fils d'exécution qui exécutent simultanément des instructions. Dans ce contexte, un programme informatique est un ensemble passif d'instructions, tandis qu'un processus peut être l'exécution réelle de ces instructions. Plusieurs processus peuvent être associés au même programme ; par exemple, l'ouverture de plusieurs instances du même programme signifie souvent que plusieurs processus sont exécutés. Un traitement multitâche peut être mis en œuvre pour permettre à plusieurs processus de partager le processeur. Pendant que chaque processeur ou cœur de processeur exécute une tâche unique à la fois, le système informatique peut être programmé pour mettre en œuvre un traitement multitâche afin de permettre à chaque processeur de basculer entre des tâches en cours d'exécution sans avoir à attendre la fin de chaque tâche. Dans un mode de réalisation, des basculements peuvent être opérés lorsque des tâches effectuent des opérations d'entrée/sortie, lorsqu'une tâche indique qu'un basculement est possible ou lors d'interruptions matérielles. Un partage de temps peut être mis en œuvre pour permettre une réponse rapide pour des applications utilisateur interactives en effectuant rapidement des basculements de contexte pour offrir l'apparence d'une exécution concurrente de multiples processus simultanément. Dans un mode de réalisation, pour des raisons de sécurité et de fiabilité, un système d'exploitation peut empêcher la communication directe entre des processus indépendants, fournissant une fonctionnalité de communication inter-processus à médiation et contrôle stricts.

[0034] Il convient de noter que les figures ne sont pas à l'échelle.

[0035] La [Fig.1] représente, schématiquement, un mode de réalisation particulier du système 100 objet de la présente invention. Ce système de maintenance prédictive d'installation aquatique 100 peut comporter :

- au moins un capteur physique/chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et 184, en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique, dans lequel, par exemple :

- au moins un capteur physique/chimique, 181, 182, 183 et/ou 184, est situé dans une chambre d'analyse 180, ou dans une conduite d'un système de circulation où de l'eau s'écoule, en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique et

- au moins un capteur physique/chimique, 110, 115, 116 et/ou 117, est situé dans un véhicule submersible (ROV) 105 et/ou un véhicule flottant 106, en interaction avec

l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique, et
 - au moins un processeur 120 configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :

- fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentatives d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement, et
 - détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de l'événement.

[0036] Le capteur physique et/ou chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et/ou 184, est entendu au sens le plus large, ce qui signifie que tout dispositif de détection de paramètres physiques et/ou chimiques est englobé, à condition que les données de sortie d'un tel dispositif soient utilisées pour évaluer l'état physique et/ou chimique de l'eau dans une installation 111 et/ou l'état physique et/ou chimique de l'installation 111, et/ou l'état des équipements dans l'installation aquatique.

[0037] Un tel capteur physique et/ou chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et/ou 184, est configuré pour détecter une valeur d'un paramètre physique et/ou chimique à un temps spécifique, permettant à une succession de valeurs détectées d'être associées en une série. Une telle association peut être réalisée par le capteur physique et/ou chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et/ou 184, ou par un dispositif informatique recevant une succession de données représentatives des valeurs détectées par ledit capteur physique et/ou chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et/ou 184.

[0038] Un tel capteur physique et/ou chimique, 110, 115, 116, 117, 181, 182, 183 et/ou 184, peut correspondre, mais sans s'y limiter, à :

- un capteur de pH, et/ou
- un capteur d'alcalinité totale, et/ou
- un capteur de conductivité, et/ou
- un capteur de potentiel d'oxydoréduction, et/ou
- un capteur de turbidité, et/ou
- un capteur optique, et/ou
- une caméra et/ou une caméra vidéo, et/ou
- un capteur acoustique et/ou sonar, et/ou
- un capteur de température, et/ou
- un capteur d'écoulement, et/ou
- un capteur de mouvement de l'eau, et/ou

- un capteur de pression.

[0039] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], au moins un capteur physique/chimique, 110, 115, 116, 117, 118, 181, 182, 183 et/ou 184, est associé à des coordonnées géographiques, l'étape 215 de détermination d'une séquence étant configurée pour déterminer en outre une séquence en fonction des coordonnées géographiques d'installations aquatiques associées à au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu.

[0040] Ce capteur associé à des coordonnées géographiques peut être prédéfini par un utilisateur ou déterminé automatiquement à l'aide d'un dispositif de géolocalisation, tel qu'un capteur GPS et/ou un accéléromètre, par exemple.

[0041] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le système 100 objet de la présente invention comporte au moins un capteur physique/chimique qui est un dispositif de mesure d'alcalinité totale aquatique 500, comprenant :

- une sonde de pH 505 configurée pour mesurer le pH au niveau de la couche limite d'une masse d'eau,
- facultativement, un dispositif de référence flottant 510 à proximité de la sonde de pH,
- un contrôleur de sonde 515, configuré pour activer et désactiver, ou connecter et déconnecter, séquentiellement la sonde de pH,
- un dispositif de détection de variation de mesure de pH 520, configuré pour détecter une variation de mesure de pH dans une séquence de mesures par sonde de pH, et
- un dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525, configuré pour déterminer une valeur d'alcalinité totale aquatique de la masse d'eau en fonction de la variation de mesure de pH détectée.

[0042] La sonde de pH 505 peut être d'un quelconque type connu d'un homme du métier qui est adapté à la mise en œuvre particulière et à l'utilisation envisagée du système 500. Une telle sonde de pH 505 peut être de nature différente en fonction du contexte d'utilisation du système 500. Par exemple, dans une installation aquatique, la sonde de pH 505 peut comporter un capteur de potentiel d'oxydoréduction 535.

[0043] L'objectif de la sonde de pH 505 est de permettre la mesure reproductible du pH dans une masse d'eau. Une telle sonde de pH 505 est d'ordinaire électronique et nécessite une alimentation en énergie électrique pour fonctionner. Une telle sonde de pH 505 peut en outre comporter un commutateur numérique, permettant l'activation/désactivation sélective d'au moins une partie des composants centraux de la sonde de pH 505.

[0044] La sonde de pH 505 peut être placée mécaniquement à l'extrémité distale d'un corps de capteur, comme le montrent les figures 5 et 6. Le but de ce corps de capteur est

d'être inséré dans la masse d'eau et, dans des modes de réalisation préférés, au sein d'une chambre d'analyse 540.

- [0045] Le dispositif de référence flottant 510, parfois appelé « terre de solution » ou « jonction liquide », peut correspondre à une quelconque électrode ou broche électriquement conductrice configurée pour normaliser le signal détecté par la sonde de pH 505, évitant un bruit électrique à proximité de la sonde de pH 505.
- [0046] Dans l'exemple représenté sur les figures 5 et 6, le dispositif de référence flottant 510 comporte deux électrodes, chacune située sur un côté différent d'un capteur 535 de la sonde 505. De telles électrodes peuvent être diamétralement opposées, le capteur 535 agissant comme le centre d'un cercle dans lequel les deux électrodes sont situées à la périphérie dudit cercle, par exemple. De telles électrodes et le capteur 535 peuvent être alignés géométriquement.
- [0047] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.5], la sonde de pH 505 comporte :
 - facultativement, le dispositif de référence flottant 510,
 - une membrane bulbe de verre microporeuse 530, et
 - un capteur de potentiel d'oxydoréduction 535.
- [0048] La mesure du pH est basée sur la relation entre la concentration en ions H^+ de l'eau testée et la différence de potentiel électrochimique qui est établie dans la membrane bulbe de verre sans plomb de la sonde. Ce bulbe sans plomb est spécifiquement conçu pour être sélectif à la concentration en ions H^+ .
- [0049] En général, la sonde de pH 505 est constituée d'un simple amplificateur électronique et d'une électrode combinée, consistant en deux électrodes : une dont le potentiel est connu et constant et l'autre dont le potentiel varie avec le pH.
- [0050] Une fois que la sonde 505 est en contact avec l'eau, les ions H^+ s'échangent sur le bulbe de verre, créant un potentiel électrochimique à travers le bulbe. L'amplificateur électronique détecte la différence de potentiel électrique entre les deux électrodes générée lors de la mesure et convertit la différence de potentiel en unités de pH.
- [0051] La valeur du pH est déterminée par corrélation car la différence de potentiel entre les deux électrodes évolue proportionnellement au pH selon l'équation de Nernst.
- [0052] Le contrôleur de sonde 515 est, par exemple, un circuit électronique configuré pour activer et désactiver électriquement ou électroniquement, ou connecter et déconnecter, la sonde de pH 505 ou le capteur de ladite sonde de pH 505. Une telle activation/désactivation ou connexion/déconnexion peut être effectuée en coupant et en rétablissant l'alimentation électrique de la sonde de pH 505 ou du capteur ou en émettant une commande d'activation/désactivation ou de connexion/déconnexion vers ladite sonde de pH 505 ou ledit capteur ou relais.
- [0053] Les termes « activer et désactiver » se rapportent à toute activation/désactivation de

niveau matériel ou logiciel et/ou à la connexion/déconnexion de la sonde de pH 505.

- [0054] Le contrôleur de sonde 515 peut lui-même être activé en fonction d'une commande émise par un dispositif informatique, situé sur site et connecté mécaniquement à la sonde de pH 505 et/ou au contrôleur de sonde 515 ou situé à distance et connecté au contrôleur de sonde 515 au moyen d'une connexion de données.
- [0055] Le contrôleur de sonde 515 peut comporter, par exemple, un logiciel informatique exécuté sur un dispositif informatique, ledit logiciel informatique déclenchant l'activation/ désactivation ou la connexion/déconnexion de la sonde de pH 505. Un tel logiciel informatique peut correspondre, par exemple, à un micrologiciel ou à un pilote particulier. Un tel logiciel informatique peut être mis à jour à distance et une telle mise à jour peut être installée automatiquement dans le système 500.
- [0056] Le contrôleur de sonde 515 peut être configuré pour activer ou connecter périodiquement la sonde de pH 505. La sonde de pH peut être activée ou connectée physiquement, par exemple, toutes les 60 secondes. Une telle activation ou connexion physique peut être subordonnée, par exemple à l'activation d'une pompe de déplacement d'eau. La vitesse de mesure peut être variable en fonction d'un mode configuré. La durée de la mesure peut dépendre de la stabilité de l'eau, de sorte que la mesure du pH dure jusqu'à ce que le pH mesuré soit suffisamment stable.
- [0057] Une telle activation/désactivation peut être effectuée par un relais électronique.
- [0058] Le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 est, par exemple, un dispositif électronique associé à la sonde de pH 505, configuré pour enregistrer une succession de valeurs de pH mesurées par la sonde de pH 505 et pour calculer, à partir de ladite succession, une valeur de variation de mesure. Une telle valeur de variation de mesure peut être calculée en soustrayant une valeur récente d'une valeur plus ancienne.
- [0059] La variation mesurée peut être effectuée sur des valeurs de pH mesurées immédiatement ultérieures ou être échantillonnée selon une règle d'échantillonnage particulière. Une telle variation peut également être effectuée sur une valeur cumulée de valeurs de pH mesurées.
- [0060] Par exemple, le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut être configuré pour soustraire la valeur moyenne de pH mesurée pendant une période de temps spécifique plus récente de la valeur moyenne de pH mesurée pendant une période de temps spécifique plus ancienne.
- [0061] Par exemple, le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut être configuré pour calculer une fonction mathématique correspondant à une succession de points de données reliant le pH mesuré au temps de mesure depuis une mesure initiale. Un tel exemple est représenté sur la [Fig.7]. Dans d'autres exemples, le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut être configuré pour stocker, dans une

mémoire, une succession de points de données reliant le pH mesuré au temps de mesure depuis une mesure initiale.

- [0062] Le système 500 peut en outre comporter un moyen d'horodatage, configuré pour associer une heure de mesure à une valeur de pH détectée par la sonde de pH 505.
- [0063] L'action consistant à mesurer à plusieurs reprises le pH dans le même échantillon d'eau induit des variations dans la mesure du pH, l'ampleur de ces variations dépendant de l'alcalinité totale de l'eau. Un tel dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut également correspondre à un logiciel informatique exécuté sur un dispositif informatique.
- [0064] Le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut fonctionner à distance depuis la sonde de pH 505. Dans un tel cas, le système 500 peut en outre comporter un moyen de communication 565 pour transmettre des données de la sonde de pH 505 au dispositif de détection de variation de mesure de pH 520. Dans un tel cas, le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 peut correspondre à un programme informatique exécuté par un serveur informatique, accessible sur le cloud, via un réseau de données tel qu'Internet par exemple.
- [0065] Le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 est, par exemple, un dispositif électronique associé au dispositif de détection de variation de mesure de pH 520, configuré pour associer une valeur d'alcalinité totale à la variation mesurée.
- [0066] Par exemple, le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale 525 peut être configuré pour calculer la dérivée d'une fonction mathématique correspondant à une succession de points de données reliant le pH mesuré au temps de mesure depuis une mesure initiale. Un tel exemple est représenté sur la [Fig.7].
- [0067] Le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale 525 peut être configuré pour associer, à des dérivées spécifiques ou à des plages desdites dérivées, une valeur d'alcalinité totale spécifique ou une plage de valeurs d'alcalinité totale.
- [0068] Par exemple, sur la [Fig.7] :
 - une première série 805 de mesures de pH (axe Y), à des temps spécifiques (axe X), mesurés en minutes, depuis une mesure initiale, pour une valeur d'alcalinité totale de 220 mg/l,
 - une deuxième série 810 de mesures de pH (axe Y), à des temps spécifiques (axe X), mesurés en minutes, depuis une mesure initiale, pour une valeur d'alcalinité totale de 125 mg/l, et
 - une troisième série 815 de mesures de pH (axe Y), à des temps spécifiques (axe X), mesurés en minutes, depuis une mesure initiale, pour une valeur d'alcalinité totale de 19 mg/l.
- [0069] L'obtention de telles séries reliant pH à valeur d'alcalinité peut être effectuée en

mesurant de manière empirique pour différentes valeurs d'alcalinité totale et une fréquence d'activation/connexion déterminée pour le capteur de pH, les valeurs de pH dans la couche limite d'une masse d'eau et en stockant ces séries dans une mémoire. Le nombre de ces tests à effectuer est limité en termes de portée, compte tenu du nombre limité de valeurs d'alcalinité.

[0070] Une telle valeur d'alcalinité totale peut être une fonction mathématique de la variation mesurée. Une telle fonction mathématique peut être réalisée en déterminant une fonction de régression sur la base des séries de pH capturées, ou des valeurs dérivées de ces séries, ainsi que des paramètres opérationnels associés à la capture.

[0071] De telles valeurs dérivées peuvent être, par exemple, n'importe quel type de moyennes ou de paramètres de fonctions dérivées.

[0072] Par exemple, la formule mathématique suivante peut être utilisée (avec des valeurs de paramètres initiales : pH = 7,4 ; température de l'eau = 20 °C ; redox = 700 mV ; débit = 0 m³/h) :

$$Alc = -0,0001(MOY_1 - MOY_2) + 0,1468$$

[0073] Où :

- *Alc* désigne la valeur d'alcalinité totale,
- *MOY₁* désigne les valeurs moyennes de pH mesurées de 20 secondes à 80 secondes après la mesure initiale,
- *MOY₂* désigne les valeurs moyennes de pH mesurées de 300 secondes à 360 secondes après la mesure initiale,

Une telle fonction peut être approchée à $Alc = (MOY_1 - MOY_2)$.

[0074] A partir d'une telle fonction, on peut obtenir la table de correspondance suivante :

Valeur d'alcalinité totale	MOY ₁ - MOY ₂
10	0,1368
20	0,1268
30	0,1168
40	0,1068
50	0,0968
60	0,0868
70	0,0768
80	0,0668
90	0,0568
100	0,0468

110	0,0368
120	0,0268
130	0,0168
140	0,0068
150	-0,0032
160	-0,0132
170	-0,0232
180	-0,0332
190	-0,0432
200	-0,0532

- [0075] Une telle valeur d'alcalinité totale peut être déterminée en fonction de la variation mesurée et d'une valeur de seuil prédéfinie, représentative d'une valeur d'alcalinité totale particulière.
- [0076] Un tel dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 peut également correspondre à un logiciel informatique exécuté sur un dispositif informatique.
- [0077] Le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 peut fonctionner à distance à partir de la sonde de pH 505 et/ou du dispositif de détection de variation de mesure de pH 520. Dans un tel cas, le système 500 peut en outre comporter un moyen de communication 565 pour transmettre des données du dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 au dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525. Dans un tel cas, le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 peut correspondre à un programme informatique exécuté par un serveur informatique, accessible sur le cloud, via un réseau de données tel qu'Internet par exemple.
- [0078] Dans des modes de réalisation particuliers, le contrôleur de sonde de pH 515 est configuré pour activer et désactiver, ou connecter et déconnecter, séquentiellement la sonde de pH 505 dans une masse d'eau sans écoulement. Un tel état peut être atteint en arrêtant un système de pompage introduisant de l'eau dans la masse d'eau. Dans des variantes particulières, la sonde de pH 505 peut être activée après détection d'une absence d'écoulement (par un capteur d'écoulement par exemple). En particulier, une chambre dans laquelle se trouve la sonde de pH 505 peut comporter des vannes qui peuvent être fermées avant l'opération de séquence d'activation/désactivation ou connexion/déconnexion de la sonde de pH 505.
- [0079] L'expression « masse d'eau sans écoulement » désigne une masse d'eau à écoulement

d'eau limité. Dans une telle masse d'eau, l'eau peut circuler, mais une quantité limitée d'eau nouvelle peut pénétrer.

- [0080] Dans des modes de réalisation particuliers, la sonde de pH 505 est configurée pour être positionnée dans une masse d'eau de faible volume. Ce faible volume peut correspondre, par exemple, à 1 à 2 millilitres.
- [0081] L'expression « masse d'eau de faible volume » désigne une masse d'eau dans laquelle la réaction chimique ayant lieu pendant un intervalle de désactivation/activation, ou connexion/déconnexion, de la sonde de pH 505 a un impact significatif sur la mesure de pH de manière à présenter une variation entre deux mesures successives du pH par la sonde de pH 505.
- [0082] Dans des modes de réalisation particuliers, le système 500 objet de la présente invention comporte une chambre d'analyse 540, comprenant une ouverture 545, un volume principal 550 relié à l'ouverture 545 et un évidement 555 dans le volume principal 550, la sonde de pH 505 étant en contact avec l'eau dans l'évidement 555.
- [0083] La chambre d'analyse 540 peut comporter un boîtier de capteur 541 délimitant un volume interne dans lequel peut être inséré(e) la sonde de pH 505 ou un corps de capteur associé à ladite sonde de pH 505.
- [0084] La chambre d'analyse 540 est de préférence configurée pour limiter l'écoulement d'eau et le volume d'eau à proximité de la sonde de pH 505. Une telle configuration peut être réalisée en sélectionnant des dimensions qui limitent la quantité d'eau entrant dans la chambre d'analyse 540.
- [0085] La chambre d'analyse 540 comporte une ouverture 545, de dimensions arbitraires, qui permet le passage d'eau de la masse d'eau jusqu'à proximité de la sonde de pH 505.
- [0086] La chambre d'analyse 540 comporte un volume principal 550, défini par exemple par les dimensions intérieures du boîtier de capteur 541.
- [0087] La chambre d'analyse 540 comporte un évidement 555, défini par un sous-ensemble des dimensions intérieures du boîtier de capteur 541. Dans des modes de réalisation particuliers, l'évidement 555 est formé par des extensions de corps de capteur crénelées 556 associées à la sonde de pH 505, lesdites extensions de corps de capteur crénelées 556 limitant le mouvement de l'eau à proximité de la sonde de pH 505.
- [0088] Il existe de nombreuses configurations possibles de la chambre d'analyse 540. De telles configurations limitent de préférence la quantité d'eau à proximité de la sonde de pH 505 et/ou limitent le mouvement de l'eau à proximité de la sonde de pH 505.
- [0089] Dans des modes de réalisation particuliers, le système 500 objet de la présente invention comporte un dispositif informatique distant 560 comprenant le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 et un moyen de communication 565 entre le dispositif de détection de variation de mesure de pH 520 et le

dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525.

- [0090] Un tel dispositif informatique distant 560 peut correspondre, par exemple, à un serveur informatique hébergé à distance et accessible via un réseau de données, tel qu'Internet par exemple.
- [0091] Dans des modes de réalisation particuliers, le dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique 525 utilise un algorithme et/ou un modèle d'apprentissage automatique entraîné pour associer une valeur d'alcalinité totale aquatique à une variation du pH mesuré.
- [0092] Dans des modes de réalisation particuliers, la sonde de pH 505 est configurée pour mesurer le pH de la masse d'eau dans une installation aquatique.
- [0093] Dans des modes de réalisation particuliers, la sonde de pH 505 est configurée pour mesurer le pH de la masse d'eau dans une conduite.
- [0094] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le système 100 objet de la présente invention comporte un véhicule submersible et/ou flottant 105, 106, comprenant au moins un dit capteur physique/chimique, 110, 115, 116 et/ou 117, configuré pour fournir une mesure d'un paramètre physique/chimique local à proximité du véhicule submersible et/ou flottant.
- [0095] Le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 peut correspondre, par exemple, à un quelconque véhicule dirigeable manuellement, à distance et/ou automatiquement adapté au cas d'utilisation particulier.
- [0096] Le véhicule 105 peut correspondre à un véhicule sous-marin dirigeable à distance ou de manière autonome, par exemple, tel que représenté sur la [Fig.3].
- [0097] Le véhicule 106 peut également correspondre à un dispositif flottant, tel que représenté sur la [Fig.4].
- [0098] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le système 100 comporte à la fois un véhicule submersible (ROV) 105 et un véhicule flottant 106.
- [0099] Dans des variantes particulières, au moins un véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 comporte un panneau solaire 305 configuré pour alimenter une source d'électricité autonome (non représentée) et/ou pour charger les batteries embarquées (non représentées).
- [0100] Dans des variantes particulières, au moins un véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106, comporte un collecteur de courant d'induction configuré pour alimenter une source d'électricité autonome (non représentée).
- [0101] Dans des variantes particulières, au moins un véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 comporte une entrée d'alimentation configurée pour être connectée à un câble de charge pour alimenter une source d'électricité autonome (non représentée).
- [0102] Dans des variantes particulières, au moins un véhicule submersible et/ou flottant 105

et/ou 106 comporte un système de propulsion 310, tel qu'un moteur associé à une hélice de bateau. Un tel système de propulsion 310 permet au véhicule 105 et/ou 106 de circuler dans l'eau de l'installation 111. Ce système de propulsion 310 peut comporter des hélices arrière 320, configurées pour générer des mouvements vers l'avant, vers l'arrière ou de lacets, et une hélice avant 315, configurée pour générer des mouvements vers le haut ou vers le bas.

- [0103] Un tel véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 peut en outre comporter un moyen d'acquisition de coordonnées de positionnement relatif, configuré pour localiser, dans un espace tridimensionnel représentatif de l'installation aquatique 111, le véhicule submersible 105 et/ou 106 et pour fournir les coordonnées correspondantes du véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106.
- [0104] Un tel moyen d'acquisition de coordonnées de positionnement relatif est, par exemple, un capteur acoustique et/ou sonar configuré pour fournir des valeurs de distance à partir des bords de l'installation 111. Les valeurs de distance permettent de déterminer la forme de l'installation 111. Une fois que la forme de l'installation 111 est connue, de telles valeurs de distance permettent de déterminer le positionnement du véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 au sein de ladite installation 111.
- [0105] Dans une autre variante, le moyen d'acquisition de coordonnées de positionnement relatif est, par exemple, un capteur mécanique utilisé en coordination avec un système de propulsion 310 pour cartographier la forme de l'installation 111 en détectant les collisions du véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106, avec les bords de cette installation 111.
- [0106] Une fois que la forme de l'installation 111 est connue, des informations issues des paramètres d'origine du système de propulsion 310 peuvent être utilisées pour localiser le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106. Par exemple, une durée d'utilisation du système de propulsion 310, associée à une puissance de propulsion, peut être utilisée dans un calcul pour déterminer une distance du véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106, par rapport au dernier emplacement connu.
- [0107] Les données résultant du moyen de détection physique et/ou chimique 110 et du moyen d'acquisition de coordonnées de positionnement relatif peuvent être agrégées pour former une valeur physique et/ou chimique de l'eau horodatée détectée. Ces données peuvent en outre être associées à des valeurs de contexte environnemental, telles qu'une pression de l'eau ou l'heure de capture, par exemple.
- [0108] Dans des variantes particulières, le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 comporte un moyen d'agrégation d'informations d'état physique et/ou chimique local d'installation aquatique.
- [0109] Le moyen d'agrégation d'informations d'état physique et/ou chimique local d'installation aquatique est, par exemple, un logiciel informatique exécuté sur un

dispositif informatique. Ce dispositif informatique est configuré pour associer, dans une mémoire, les données résultant du moyen d'acquisition de coordonnées de positionnement relatif, du moyen de détection physique et/ou chimique 110 et d'un moyen d'horodatage.

- [0110] Une telle association peut être réalisée en concaténant lesdites données dans un flux de données ou une trame de données unique ou en créant un lien entre lesdites données si ces données sont stockées dans des tables de base de données distinctes par exemple.
- [0111] Le moyen d'horodatage peut correspondre, par exemple, à une quelconque horloge électronique utilisée par un dispositif informatique. Un tel moyen d'horodatage peut être intégré dans le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 ou être situé à distance dudit véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106. Par situé à distance, on entend que le moyen d'horodatage est relié au véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 par un moyen de communication, tel qu'une liaison poste à poste ou une liaison par réseau de communications, tel qu'Internet par exemple.
- [0112] Le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 peut en outre comporter un capteur optique 115, configuré pour fournir une représentation graphique de l'installation d'eau et/ou aquatique, ladite représentation étant utilisée lors de l'étape de fonctionnement du modèle d'apprentissage automatique entraîné.
- [0113] Un tel capteur optique 115 correspond, par exemple, à une caméra ou à une caméra vidéo configurée pour capturer des images de l'installation 111 et/ou de l'eau dans l'installation 111. Dans des modes de réalisation particuliers, cette caméra et/ou caméra vidéo peut être utilisée pour capturer des images et/ou des vidéos du sol et des parois d'un réservoir aquatique pour détecter des taches et définir leur origine et/ou leur nature sur la base de la couleur, de l'emplacement et de la forme desdites taches. Dans des modes de réalisation particuliers, cette caméra et/ou caméra vidéo peut être utilisée pour déterminer la transparence et/ou la turbidité de l'eau en analysant la résolution et/ou la restitution d'acquisition d'un emplacement de point cible et/ou de dispositif cible spécifique à un endroit spécifique dans la piscine. Dans des modes de réalisation particuliers, ce point cible et/ou dispositif cible pourrait être la plaque de charge inductive, et/ou les murs et/ou le sol de l'installation, et/ou un dispositif dédié placé dans un emplacement défini.
- [0114] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le capteur optique 115 comporte un capteur infrarouge 116. Dans des modes de réalisation particuliers, le capteur infrarouge 116 peut permettre l'acquisition d'images thermiques, permettant la détermination d'une évolution et/ou de différences des températures de l'eau au sein de l'installation. Dans des modes de réalisation particuliers, ladite évolution et/ou lesdites différences des températures peut(peuvent) être enregistrée(s) et associée(s) à l'emplacement pour créer une cartographie des tem-

pératures selon trois axes en fonction des temps de mesure. Dans des modes de réalisation particuliers, cette cartographie peut être utilisée pour ajuster l'homogénéité de la température de l'eau dans l'installation en ajustant, par exemple, le débit de la pompe de filtration et/ou le temps de fonctionnement de la filtration et/ou le temps de fonctionnement de la pompe à chaleur et/ou le point de consigne de température de la pompe à chaleur et/ou le processus de nettoyage du filtre, en augmentant ou diminuant leurs valeurs pour atteindre l'homogénéité de température cible dans l'installation.

- [0115] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le véhicule submersible et/ou flottant 105 et/ou 106 comporte un capteur acoustique et/ou sonar 117.
- [0116] Sur la base des modifications sonores perçues par le capteur acoustique et/ou sonar, des notifications et/ou des alertes peuvent être émises et/ou le point de consigne de fonctionnement des équipements peut être ajusté automatiquement.
- [0117] Par exemple, une pompe émet en début de fonctionnement un son spécifique (signature vibrante), ces vibrations suivent l'écoulement d'eau dans l'installation 111. Par conséquent, l'utilisation d'un capteur acoustique et/ou sonar permet la mesure et l'analyse de ces vibrations. Toute modification de cette signature résulte donc d'une interaction et/ou d'un problème qui s'est produit(e) entre la pompe et l'installation 111. Une telle interaction peut correspondre à une non-activation de la pompe, une surcharge de la pompe, une cavitation de la pompe, la présence d'un objet/de pollution dans la conduite, une fuite ou une injection de produit. En mesurant une différence entre le son à l'état normal et le son mesuré actuel, le diagnostic peut être effectué et/ou des notifications et/ou des alertes peuvent être émises et/ou le point de consigne de fonctionnement des équipements peut être ajusté automatiquement. Cette différence peut également être liée à d'autres types de données collectées.
- [0118] Tout son qui peut survenir dans l'installation 111 peut être lié à un type, ou une catégorie, d'événement. La détermination de cette catégorie peut être obtenue à l'aide d'un modèle de classificateur d'apprentissage automatique entraîné. Un tel modèle de classificateur d'apprentissage automatique entraîné peut être obtenu en introduisant, dans un dispositif de classificateur d'apprentissage automatique, un échantillon comprenant des sons et les événements associés. Un tel modèle de classificateur d'apprentissage automatique entraîné peut être obtenu en introduisant, dans un dispositif de classificateur d'apprentissage automatique, un échantillon comprenant le son dans les installations en l'absence d'un événement (ou d'une anomalie), le son dans les installations après un événement et les événements associés.
- [0119] Un tel son peut correspondre à un plongeur de baigneur, à un objet entrant dans l'installation d'eau, à la présence d'un objet dans la conduite de l'installation, à des gouttes de pluie, à des baigneurs nageant ou jouant, à une libération d'air sous la

surface de l'eau, à des problèmes de débordement, à des paniers de skimmer pleins, à un débit différent ou à une ouverture/fermeture de la bâche, à la présence d'un nettoyeur automatique en fonctionnement.

- [0120] Ce système d'alerte sonore peut être utilisé pour détecter un baigneur en détresse et/ou en train de se noyer.
- [0121] Dans des modes de réalisation particuliers, tels que celui représenté sur la [Fig.1], le système 100 objet de la présente invention comporte un capteur de paramètres externes 118, le modèle entraîné étant configuré pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentative d'un paramètre physique/chimique et au moins une série de paramètres externes détectés, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique associé à une date d'occurrence de l'événement.
- [0122] Un tel capteur de paramètres externes 118 peut correspondre à un quelconque capteur physique/chimique, tel qu'une caméra et/ou une caméra vidéo prenant une image et/ou filmant l'installation 111, ou un capteur numérique, tel qu'un connecteur à une API de prévision météorologique configurée pour fournir des données représentatives de conditions météorologiques actuelles ou futures à proximité de l'installation 111.
- [0123] Un tel capteur de paramètres externes 118 peut être configuré pour détecter des valeurs représentatives de conditions météorologiques, et/ou d'une pollution de l'air, et/ou d'un certain nombre de baigneurs dans l'installation aquatique, et/ou d'une température de l'air, et/ou d'une température de l'eau, et/ou d'une détection de mouvement, et/ou d'une reconnaissance faciale, et/ou d'une détection de changement de couleur, et/ou d'une détection de taches et/ou salissure dans l'installation, et/ou d'une détection de taille, et/ou d'une acquisition et/ou détection de forme, et/ou d'une détection de contraste au sein de l'eau de l'installation par exemple.
- [0124] Les données représentatives des valeurs détectées par au moins un capteur, 110, 115, 116, 117, 118, 181, 182, 183, 184 et/ou 500, sont transmises à un système informatique 900, tel que celui représenté sur la [Fig.9].
- [0125] Ce système informatique 900 comporte au moins un processeur 120 configuré pour exécuter des instructions, qui peuvent correspondre à un logiciel informatique, représentatives d'au moins les étapes suivantes, telles que représentées sur la [Fig.8] :
 - fonctionnement 210 d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentative d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement, et
 - détermination 215 d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de

l'événement.

- [0126] Lors de l'étape 210 de fonctionnement, un modèle d'apprentissage automatique entraîné obtenu lors d'une étape (non représentée) d'entraînement dudit modèle d'apprentissage automatique est appliqué aux données générées par le fonctionnement d'au moins un capteur 110, 115, 116, 117, 118, 181, 182, 183, 184 et/ou 500.
- [0127] Le type de dispositif d'apprentissage automatique utilisé pour obtenir le modèle d'apprentissage automatique entraîné peut être un quelconque type adapté à la nature et au format des données générées par le fonctionnement d'au moins un capteur 110, 115, 116, 117, 118, 181, 182, 183, 184 et/ou 500.
- [0128] Un tel dispositif d'apprentissage automatique peut utiliser au moins l'un des types de procédés d'apprentissage automatique suivants :
- apprentissage supervisé, dans lequel le modèle d'apprentissage automatique est entraîné pour prévoir une sortie sur la base d'une entrée, à l'aide d'un ensemble d'exemples,
 - apprentissage non supervisé, dans lequel le modèle d'apprentissage automatique est entraîné pour identifier des modèles dans les données sans aucune aide,
 - apprentissage semi-supervisé, dans lequel le modèle d'apprentissage automatique est entraîné à la fois sur des données étiquetées et non étiquetées,
 - apprentissage de renforcement, dans lequel le modèle d'apprentissage automatique est entraîné sur la base des récompenses et des sanctions qu'il reçoit pour ses actions, et/ou
 - apprentissage en profondeur, dans lequel le modèle d'apprentissage automatique est entraîné à l'aide de réseaux neuronaux artificiels pour apprendre et prendre des décisions.
- [0129] Un tel dispositif d'apprentissage automatique peut utiliser au moins l'un des types de procédés d'apprentissage en profondeur suivants :
- réseaux neuronaux convolutifs (CNN), souvent utilisés pour des tâches de traitement d'images et de vidéos, telles que la reconnaissance d'objets, la classification d'images et la segmentation,
 - réseaux neuronaux récurrents (RNN), souvent utilisés pour un traitement séquentiel des données, tels que le traitement du langage naturel (NLP), la reconnaissance vocale et l'analyse de séries chronologiques, et/ou
 - modèles d'attention, souvent utilisés pour des modèles d'apprentissage automatique devant se concentrer de manière sélective sur différentes parties de l'entrée.
- [0130] Un tel dispositif d'apprentissage automatique peut utiliser un ensemble de réseaux neuronaux, par exemple.
- [0131] La sortie de l'étape 210 de fonctionnement est une liste d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation, c'est-à-dire un événement nécessitant une

maintenance et de préférence une maintenance proactive, et des dates d'occurrence dudit événement.

[0132] Un tel événement de dégradation opérationnelle d'installation peut correspondre, mais sans s'y limiter, à :

- un niveau bas, critiqueusement bas ou vide d'un consommable utilisé dans un circuit de traitement de l'eau associé à l'installation 111, et/ou
- un dysfonctionnement ou une panne de dispositif, ledit dispositif appartenant à un circuit de traitement de l'eau associé à l'installation 111, ou en interaction avec ladite installation 111, et/ou
- un état de l'eau dans l'installation 111, ledit état étant représentatif d'un niveau d'acidité ou de basicité, ou d'un comportement de l'eau (entartrante ou agressive) par exemple, et/ou
- un taux de désinfection faible ou élevé ou inapproprié et/ou un taux de résidus de désinfection élevé ou inapproprié (comme du chlore combiné lorsque du chlore actif est utilisé comme agent désinfectant principal) dans l'installation 111, ledit taux étant mesuré avec des capteurs dédiés, avec des valeurs qui sont inférieures ou supérieures au point de consigne de l'utilisateur et/ou aux valeurs tolérées par les réglementations locales et/ou par les algorithmes de désinfection qui ajustent en continu les valeurs idéales sur la base des usages de l'installation aquatique et du besoin en temps réel, et/ou
- une valeur faible ou élevée ou inappropriée d'un paramètre chimique, tel que l'alcalinité totale et/ou le pH et/ou la teneur en acide cyanurique, et/ou la teneur en sel, et/ou le taux de composés phosphates, et/ou les taux de sulfates, et/ou les taux de nitrates, et/ou les taux de nitrites et/ou les taux de chlorates, et/ou
- une pression faible ou élevée ou inappropriée mesurée dans le filtre et/ou dans les conduites et/ou dans la pompe de filtration, et/ou
- un écoulement faible ou élevé ou inapproprié mesuré dans le filtre et/ou dans les conduites et/ou dans la pompe de filtration, et/ou
- une détection de fuite, et/ou
- une consommation excessive d'eau de remplissage, et/ou
- un niveau d'eau faible ou élevé dans l'installation, et/ou
- une surconsommation d'énergie, et/ou
- une turbidité élevée dans l'installation aquatique, et/ou
- une forte présence de particules dans l'installation aquatique, et/ou
- une détection de taches et/ou de salissure, et/ou
- un nombre élevé de composés métalliques, et/ou
- le nombre d'utilisateurs et/ou de baigneurs dans l'installation aquatique, et/ou
- un changement climatique prévu ou imprévu qui pourrait survenir au cours de la

période à venir, et/ou

- l'impact des changements climatiques à court et à long terme sur la capacité des installations aquatiques à fonctionner correctement et selon les paramètres de contrôle, et/ou

- un changement de couleur de l'eau, et/ou

- une présence détectée d'objet et/ou d'animal non autorisé, et/ou

- une défaillance d'augmentation de température ou une température non homogène dans l'installation d'eau.

[0133] La date de sortie de l'étape 210 de fonctionnement peut être une date absolue (« 3 mars » ou une date relative (« dans une semaine », « sous 3 jours », « sous 24 heures »).

[0134] Dans des modes de réalisation plus avancés, l'étape 210 de fonctionnement est configurée pour associer d'autres paramètres à une prédiction d'occurrence d'événement de dégradation opérationnelle d'installation. Ces autres paramètres peuvent correspondre, par exemple, à un niveau de criticité de l'événement ou au temps de fonctionnement pour le résoudre.

[0135] Dans des modes de réalisation plus avancés, l'étape 210 de fonctionnement est configurée pour associer plusieurs dates à une prédiction d'occurrence d'événement de dégradation opérationnelle d'installation. Ces dates correspondent, par exemple, à des changements de criticité de l'événement tels que, par exemple, le passage d'un niveau bas d'un consommable à un niveau critique bas ou à un niveau vide.

[0136] L'étape 215 de détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer correspond par exemple à un algorithme d'affectation de ressources. Un tel algorithme d'affectation de ressources peut être configuré pour planifier, c'est-à-dire organiser dans le temps, une séquence d'opérations de maintenance.

[0137] Une telle organisation peut se baser uniquement sur les dates prévues d'occurrence d'événements obtenues lors de l'étape 210 de fonctionnement.

[0138] Dans des modes de réalisation plus avancés, une telle organisation peut être basée sur des critères secondaires, tels que la compatibilité opérateur-événement, la disponibilité du produit, les emplacements géographiques des événements et les coûts de fonctionnement. Des exemples de tels modes de réalisation sont divulgués ci-dessous.

[0139] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur 120 est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape 225 d'affectation, pour au moins un événement prévu dans une séquence d'opérations de maintenance, d'un identifiant d'opérateur en fonction des paramètres d'opérateur associés à l'identifiant d'opérateur.

[0140] Dans des modes de réalisation simples, lors de l'étape 225 d'affectation, chaque événement dans la séquence d'événements est associé à un identifiant d'événement et

chaque opérateur est associé à un identifiant d'opérateur.

- [0141] Un identifiant d'événement correspond, par exemple, à un code bijectif (tel qu'un code alphanumérique ou binaire) qui correspond à la représentation numérique d'un événement. Un identifiant d'événement peut être associé à des informations supplémentaires, telles que la date de l'événement, un emplacement de l'événement, un type d'événement et un état de la maintenance de l'événement, par exemple.
- [0142] Un identifiant d'opérateur correspond, par exemple, à un code bijectif (tel qu'un code alphanumérique ou binaire) qui correspond à la représentation numérique d'un opérateur. Un identifiant d'opérateur peut être associé à des informations supplémentaires, telles que le nom de l'opérateur, un type d'événements que l'opérateur peut traiter, un emplacement de l'opérateur et un état de l'opérateur, par exemple.
- [0143] Cette affectation d'opérateur peut être automatique (entièrement réalisée par un logiciel), semi-automatique (basée sur des suggestions d'un logiciel validées ou modifiées par un utilisateur) ou manuelle (définie par un utilisateur sur une interface utilisateur graphique par exemple).
- [0144] L'affectation peut être matérialisée par la création d'un lien (tel qu'une clé dans une table d'une base de données), dans une mémoire, entre un identifiant d'événement et un identifiant d'opérateur.
- [0145] Une telle affectation peut suivre des règles d'affectation, telles que, par exemple :
 - un identifiant d'opérateur ne peut pas être associé à un identifiant d'événement si l'identifiant d'opérateur est associé à un autre identifiant d'événement à la même date et à la même heure ou pendant un intervalle encadrant l'événement associé qui ne peut pas permettre à l'opérateur d'être totalement disponible pour le second événement, et/ou
 - un identifiant d'opérateur ne peut pas être associé à un identifiant d'événement si l'identifiant d'événement est associé à une date qui est en deçà d'un seuil déterminé de la date d'un autre identifiant d'événement déjà affecté à l'opérateur qui dépasse une valeur de seuil déterminée par rapport à l'emplacement dudit événement déjà affecté.
- [0146] Dans un contexte multi-installations et multi-opérateurs, cela signifie qu'un utilisateur et/ou un logiciel peut affecter des opérateurs à la maintenance d'installations sur une base plusieurs à plusieurs.
- [0147] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins deux identifiants d'opérateur sont affectés lors de l'étape 225 d'affectation, au moins un processeur 120 étant configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :
 - transmission 230, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants d'opérateur, et
 - réception 235, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants

d'opérateur.

- [0148] Les étapes de transmission 230 et de réception 235 peuvent être effectuées à l'aide d'un quelconque moyen de communication, ou sous-système d'E/S tel que représenté sur la [Fig.9].
- [0149] Par exemple, lors de l'étape 230 de transmission, un message numérique comprenant au moins deux desdits identifiants d'opérateur affectés à un événement prévu, ainsi que l'identifiant d'événement, est envoyé à un système informatique appartenant, ou associé à, un identifiant d'utilisateur.
- [0150] Un identifiant d'utilisateur correspond, par exemple, à un code bijectif (tel qu'un code alphanumérique ou binaire) qui correspond à la représentation numérique d'un utilisateur. Un identifiant d'utilisateur est d'ordinaire associé à un propriétaire d'installation aquatique ou à un gestionnaire d'installations aquatiques responsable de plusieurs installations aquatiques.
- [0151] Le système informatique tiers correspond, par exemple, à un ordinateur ou un smartphone appartenant à l'utilisateur. Le message peut également correspondre à une notification, par e-mail par exemple, invitant l'utilisateur à se connecter sur un logiciel de gestion d'installations comprenant une interface utilisateur graphique. Un tel logiciel de gestion d'installations peut permettre plusieurs fonctionnalités :
- surveillance d'état d'installations aquatiques, et/ou
 - prédictions d'événements de maintenance d'installations aquatiques, et/ou
 - affectation d'opérateurs pour les événements de maintenance, et/ou
 - achat de produit et affectation pour les événements de maintenance, et/ou
 - ressources d'auto-assistance pour effectuer de manière autonome la maintenance sur l'installation d'eau.
- [0152] À l'aide du système informatique tiers, un utilisateur sélectionne au moins un identifiant d'opérateur pour gérer l'événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique.
- [0153] Par exemple, lors de l'étape 235 de réception, une entrée utilisateur est enregistrée sur une interface utilisateur graphique, ladite entrée étant représentative d'une sélection d'au moins un identifiant d'opérateur. Une telle entrée peut être réalisée, par exemple, sur un smartphone ou un ordinateur, déclenchant une sélection d'identifiants d'opérateur par le système informatique 900.
- [0154] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins un événement prévu est associé à un identifiant de type d'événement, au moins un paramètre d'opérateur représentant une compatibilité opérateur-identifiant de type d'événement.
- [0155] Un tel identifiant de type d'événement correspond, par exemple, à un code bijectif (tel qu'un code alphanumérique ou binaire) qui correspond à la représentation numérique d'un type d'événement de dégradation. Des exemples de ces types

d'événements de dégradation sont mentionnés ci-dessus. D'autres exemples de la sorte peuvent correspondre, par exemple, à :

- des événements de circuits hydrauliques, et/ou
- des événements de recharge de consommables, et/ou
- des événements de maintenance d'installation, et/ou
- des événements de maintenance de réparation électrique, et/ou
- des événements de maintenance liés au filtre, et/ou
- des événements de maintenance liés à la pompe, et/ou
- des événements de maintenance d'équipements de l'installation, et/ou
- des événements de maintenance de capteurs des équipements de l'installation.

[0156] Chaque événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu peut être associé à au moins un identifiant de type d'événement et chaque opérateur peut être associé à au moins un identifiant de type d'événement. Cette association opérateur et type d'événement peut être effectuée dans un logiciel de gestion d'installations auquel les opérateurs peuvent se connecter, dans lequel ils peuvent configurer leur compte ainsi que les associations au type d'événement. Ces associations peuvent également être réalisées par des gestionnaires d'installations ou propriétaires de piscines en enregistrant des opérateurs et en associant des types d'événements auxdits opérateurs.

[0157] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur 120 est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape 240 d'identification d'au moins un identifiant de produit représentatif d'un produit à utiliser pendant la séquence d'opérations de maintenance déterminée.

[0158] Un identifiant de produit correspond, par exemple, à un code bijectif (tel qu'un code alphanumérique ou binaire) qui correspond à la représentation numérique d'un produit à utiliser dans le cadre de la maintenance à effectuer. Un identifiant de produit peut correspondre à un consommable ou à un quelconque équipement d'installation aquatique, par exemple.

[0159] L'étape 240 d'identification peut être réalisée en lisant, dans une mémoire, des identifiants de produit associés de manière proactive à des identifiants d'événements de dégradation opérationnelle d'installation aquatique. Une telle association peut être effectuée automatiquement, semi-automatiquement ou manuellement par un utilisateur.

[0160] De tels produits identifiés peuvent être communiqués à un utilisateur du système, d'ordinaire un utilisateur associé à l'installation aquatique 111 faisant l'objet de la maintenance.

[0161] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins deux identifiants de produit sont identifiés lors de l'étape 240 d'identification, au moins un processeur 120 étant configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :

- transmission 245, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants de produit, et
- réception 250, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants de produit.

[0162] Les étapes de transmission 245 et de réception 250 peuvent fonctionner de la même manière que les étapes de transmission 230 d'au moins deux identifiants d'opérateur et l'étape 235 de réception d'au moins un identifiant d'opérateur. Au lieu de sélectionner un opérateur, l'utilisateur sélectionne ici un produit.

[0163] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur 120 est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'estimation 255 d'un indice d'impact de produit, représentatives de la capacité d'un produit à résoudre un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique, ledit indice étant associé à au moins un identifiant de produit identifié et transmis lors de l'étape de transmission.

[0164] Une telle étape d'estimation 255 peut être réalisée, par exemple, en récupérant un indice d'impact de produit d'une matrice identifiants de produit-d'événement stockant des valeurs représentatives de l'impact d'un produit particulier pour un type d'événement particulier. Cet indice d'impact de produit est représentatif de la capacité d'un produit particulier à participer qualitativement à la résolution d'un événement particulier.

[0165] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur 120 est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'émission 260, vers un système informatique tiers associé à au moins un identifiant de produit sélectionné, d'un message représentatif d'un bon de commande d'au moins un produit associé à l'au moins un identifiant de produit sélectionné.

[0166] Une telle étape d'émission 260 peut être effectuée à l'aide d'un sous-système d'E/S ou d'un moyen de communication d'un système informatique 900 tel que représenté sur la [Fig.9].

[0167] Le message émis peut en outre comporter des informations représentatives d'un lieu d'expédition pour le produit acheté.

[0168] La [Fig.2] représente, schématiquement, une succession particulière d'étapes du procédé 200 objet de la présente invention. Ce procédé de maintenance prédictive d'installation aquatique 200 comporte :

- au moins une étape 205 de fonctionnement d'un capteur physique/chimique en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique,
- une étape 210 de fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique

entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentatives d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement, et

- une étape 215 de détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de l'événement.

[0169] Des modes de réalisation particuliers des étapes de fonctionnement du capteur physique/chimique 205, de fonctionnement 210 d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné et de détermination 215 sont divulgués ci-dessus.

[0170] La [Fig.9] représente un schéma fonctionnel qui illustre un exemple de système informatique 900 avec lequel un mode de réalisation peut être mis en œuvre. Dans l'exemple de la [Fig.9], un système informatique 905 et des instructions pour la mise en œuvre des technologies divulguées dans le matériel, le logiciel ou une combinaison de matériel et de logiciel, sont représentés schématiquement, par exemple sous forme de boîtes et de cercles, au même niveau de détail que celui couramment utilisé par l'homme du métier ordinaire dans l'art auquel se rapporte la présente divulgation pour communiquer sur les mises en œuvre d'architecture informatique et de systèmes informatiques.

[0171] Le système informatique 905 inclut un sous-système d'entrée/sortie (E/S) 920 qui peut inclure un bus et/ou un ou plusieurs autres mécanismes de communication pour la communication d'informations et/ou d'instructions entre les composants du système informatique 905 sur des trajets de signaux électroniques. Le sous-système d'E/S 920 peut inclure un contrôleur d'E/S, un contrôleur de mémoire et au moins un port d'E/S. Les trajets de signaux électroniques sont représentés de manière schématique sur les dessins, par exemple sous forme de lignes, de flèches unidirectionnelles ou de flèches bidirectionnelles.

[0172] Au moins un processeur matériel 910 est couplé au sous-système d'E/S 920 pour le traitement des informations et instructions. Le processeur matériel 910 peut inclure, par exemple, un microprocesseur ou microcontrôleur à usage général et/ou un microprocesseur à usage spécial tel qu'un système intégré ou une unité de traitement graphique (GPU) ou un processeur de signaux numériques ou un processeur ARM. Le processeur 910 peut comporter une unité logique arithmétique (ALU) intégrée ou peut être couplé à une ALU séparée.

[0173] Le système informatique 905 inclut une ou plusieurs unités de mémoire 925, telles qu'une mémoire principale, qui est couplée au sous-système d'E/S 920 pour le stockage électronique numérique des données et des instructions à exécuter par le

processeur 910. La mémoire 925 peut inclure une mémoire volatile telle que diverses formes de mémoire vive (RAM) ou un autre dispositif de stockage dynamique. La mémoire 925 peut également être utilisée pour stocker des variables temporaires ou d'autres informations intermédiaires lors de l'exécution d'instructions à exécuter par le processeur 910. De telles instructions, lorsqu'elles sont stockées sur des supports de stockage non transitoires lisibles par ordinateur et accessibles au processeur 910, peuvent transformer le système informatique 905 en une machine à usage spécial qui est personnalisée pour effectuer les opérations spécifiées dans les instructions.

[0174] Le système informatique 905 inclut en outre une mémoire non volatile telle que la mémoire morte (ROM) 930 ou un autre dispositif de stockage statique couplé au sous-système d'E/S 920 pour le stockage des informations et des instructions pour le processeur 910. La ROM 930 peut inclure diverses formes de ROM programmable (PROM) telles que PROM effaçable (EPROM) ou PROM effaçable électriquement (EEPROM). Une unité de stockage persistant 915 peut inclure diverses formes de RAM non volatile (NVRAM), telles qu'une mémoire FLASH, ou une unité de stockage à l'état solide, un disque magnétique ou un disque optique tels que CD-ROM ou DVD-ROM, et peut être couplée au sous-système d'E/S 920 pour stocker des informations et des instructions. L'unité de stockage 915 est un exemple de support non transitoire lisible par ordinateur qui peut être utilisé pour stocker des instructions et des données qui, lorsqu'elles sont exécutées par le processeur 910, entraînent la réalisation de procédés mis en œuvre par ordinateur pour exécuter les techniques des présentes.

[0175] Les instructions dans la mémoire 925, la ROM 930 ou l'unité de stockage 915 peuvent comporter un ou plusieurs ensembles d'instructions organisées en modules, procédés, objets, fonctions, routines ou appels. Les instructions peuvent être organisées en un ou plusieurs programmes informatiques, services de système d'exploitation ou programmes d'application, y compris des applications mobiles. Les instructions peuvent comporter un système d'exploitation et/ou un logiciel système ; une ou plusieurs bibliothèques pour prendre en charge le multimédia, la programmation ou d'autres fonctions ; des instructions ou piles de protocoles de données pour mettre en œuvre les protocoles TCP/IP, HTTP ou d'autres protocoles de communication ; des instructions de traitement de format de fichier pour analyser ou restituer des fichiers codés en HTML, XML, JPEG, MPEG ou PNG ; des instructions d'interface utilisateur pour restituer ou interpréter des commandes pour une interface utilisateur graphique (IUG), une interface de ligne de commande ou une interface utilisateur texte ; des logiciels d'application tels qu'une suite bureautique, des applications d'accès à Internet, des applications de conception et de fabrication, des applications graphiques, des applications audio, des applications d'ingénierie logicielle, des applications éducatives, des jeux ou des applications diverses. Les instructions peuvent mettre en œuvre un

serveur Web, un serveur d'applications Web ou un client Web. Les instructions peuvent être organisées comme une couche de présentation, une couche d'application et une couche de stockage de données, comme un système de base de données relationnelle utilisant un langage d'interrogation structuré (SQL) ou sans SQL, un magasin d'objets, une base de données orientée graphe, un système de fichiers plats ou une autre unité de stockage de données.

- [0176] Le système informatique 905 peut être couplé via le sous-système d'E/S 920 à au moins un dispositif de sortie 935. Dans un mode de réalisation, le dispositif de sortie 935 est un écran d'ordinateur numérique ou une interface homme-machine. Des exemples d'un affichage qui peut être utilisé dans divers modes de réalisation incluent un afficheur à écran tactile ou un afficheur à diode électroluminescente (LED) ou un afficheur à cristaux liquides (LCD) ou un afficheur à papier électronique. Le système informatique 905 peut inclure un ou plusieurs autres types de dispositifs de sortie 935, en variante ou en plus d'un dispositif d'affichage. D'autres dispositifs de sortie 935 incluent, par exemple, des imprimantes, imprimantes à billets, traceurs, projecteurs, cartes son ou vidéo, haut-parleurs, avertisseurs sonores ou dispositifs piézoélectriques ou autres dispositifs audibles, lampes ou indicateurs LED ou LCD, dispositifs haptiques, actionneurs ou servos.
- [0177] Au moins un dispositif d'entrée 940 est couplé au sous-système d'E/S 920 pour la communication de signaux, de données, de sélections de commandes ou de gestes au processeur 910. Des exemples de dispositifs d'entrée 940 incluent des écrans tactiles, des microphones, des caméras numériques fixes et vidéo, des touches alphanumériques et autres, des pavés numériques, des claviers, des tablettes graphiques, des scanners d'images, des manettes, des horloges, des interrupteurs, des boutons, des cadrans, des diapositives.
- [0178] Un autre type de dispositif d'entrée est un dispositif de contrôle 945, qui peut effectuer un contrôle de curseur ou d'autres fonctions de contrôle automatisées telles que la navigation dans une interface graphique sur un écran d'affichage, en variante ou en plus des fonctions d'entrée. Le dispositif de contrôle 945 peut être un pavé tactile, une souris, une boule de commande ou des touches de direction de curseur pour communiquer des informations de direction et des sélections de commande au processeur 910 et pour contrôler le mouvement du curseur sur l'affichage 935. Le dispositif d'entrée peut avoir au moins deux degrés de liberté dans deux axes, un premier axe (par exemple, x) et un deuxième axe (par exemple, y), ce qui permet au dispositif de spécifier des positions dans un plan. Un autre type de dispositif d'entrée est un dispositif de contrôle filaire, sans fil ou optique tel qu'un joystick, un crayon-lecteur, une console, un volant, une pédale, un mécanisme de changement de vitesse ou un autre type de dispositif de contrôle. Un dispositif d'entrée 940 peut inclure une com-

binaison de plusieurs dispositifs d'entrée différents, tels qu'une caméra vidéo et un capteur de profondeur.

[0179] Dans un autre mode de réalisation, le système informatique 905 peut comporter un dispositif d'Internet des objets (IoT) dans lequel un ou plusieurs du dispositif de sortie 935, du dispositif d'entrée 940 et du dispositif de contrôle 945 sont omis. Ou, dans un tel mode de réalisation, le dispositif d'entrée 940 peut comporter un ou plusieurs caméras, détecteurs de mouvement, thermomètres, microphones, détecteurs sismiques, autres capteurs ou détecteurs, dispositifs de mesure ou codeurs et le dispositif de sortie 935 peut comporter un afficheur spécial tel qu'un écran LED ou LCD à une ligne, un ou plusieurs indicateurs, un panneau d'affichage, un compteur, une vanne, une électrovanne, un actionneur ou un servo.

[0180] Le système informatique 905 peut mettre en œuvre les techniques décrites ici en utilisant une logique câblée personnalisée, au moins un ASIC ou FPGA, un micro-logiciel et/ou des instructions de programme ou une logique qui, lorsqu'elle est chargée et utilisée ou exécutée en combinaison avec le système informatique, fait fonctionner ou programme le système informatique comme une machine à usage spécial. Selon un mode de réalisation, les techniques des présentes sont réalisées par le système informatique 905 en réponse à l'exécution par le processeur 910 d'au moins une séquence d'au moins une instruction contenue dans la mémoire principale 925. De telles instructions peuvent être lues dans la mémoire principale 925 à partir d'un autre support de stockage, tel que l'unité de stockage 915. L'exécution des séquences d'instructions contenues dans la mémoire principale 925 amène le processeur 910 à effectuer les étapes de processus décrites ici. Dans des variantes de modes de réalisation, des circuits câblés peuvent être utilisés à la place ou en combinaison avec des instructions logicielles.

[0181] L'expression « support de stockage » telle qu'elle est utilisée dans les présentes désigne tout support non transitoire qui stocke des données et/ou des instructions qui amènent une machine à fonctionner d'une manière spécifique. Ces supports de stockage peuvent comporter des supports non volatils et/ou volatils. Les supports non volatils incluent, par exemple, des disques optiques ou magnétiques, tels que l'unité de stockage 915. Les supports volatils incluent une mémoire dynamique, telle que la mémoire 925. Les formes courantes de supports de stockage incluent, par exemple, un disque dur, un disque à circuits intégrés, une clé USB, un support de stockage de données magnétique, un quelconque support de stockage de données optique ou physique, une puce mémoire ou similaire.

[0182] Le support de stockage est distinct mais peut être utilisé en conjugaison avec un support de transmission. Le support de transmission participe au transfert d'informations entre les supports de stockage. Par exemple, le support de transmission

inclut des câbles coaxiaux, des fils de cuivre et des fibres optiques, y compris les fils qui composent un bus de sous-système d'E/S 920. Les moyens de transmission peuvent également prendre la forme d'ondes acoustiques ou lumineuses, telles que celles générées lors de communications de données par ondes radio et infrarouges.

[0183] Différentes formes de moyens peuvent être impliquées dans le transport d'au moins une séquence d'au moins une instruction vers le processeur 910 pour exécution. Par exemple, les instructions peuvent d'abord être portées sur un disque magnétique ou un disque statique à semi-conducteurs d'un ordinateur distant. L'ordinateur distant peut charger les instructions dans sa mémoire dynamique et envoyer les instructions via un lien de communication tel qu'un câble à fibre optique ou coaxial ou une ligne téléphonique à l'aide d'un modem. Un modem ou routeur local au système informatique 905 peut recevoir les données sur la liaison de communication et convertir les données en un format qui peut être lu par le système informatique 905. Par exemple, un récepteur tel qu'une antenne radiofréquence ou un détecteur infrarouge peut recevoir les données transportées dans un signal sans fil ou optique et un circuit approprié peut fournir les données à un sous-système d'E/S 920, par exemple placer les données sur un bus. Le sous-système d'E/S 920 transporte les données vers la mémoire 925, à partir de laquelle le processeur 910 récupère et exécute les instructions. Les instructions reçues par la mémoire 925 peuvent facultativement être stockées sur l'unité de stockage 915 avant ou bien après exécution par le processeur 910.

[0184] Le système informatique 905 inclut également une interface de communication 960 couplée au bus 920. L'interface de communication 960 fournit un couplage de communication de données bidirectionnel à la liaison ou aux liaisons réseau 965 qui sont directement ou indirectement connectées à au moins un réseau de communication, tel qu'un réseau 970 ou un cloud public ou privé sur Internet. Par exemple, l'interface de communication 960 peut être une interface de réseau Ethernet, une carte réseau numérique à intégration de services (RNIS), un modem câblé, un modem satellite ou un modem pour fournir une connexion de communication de données à un type de ligne de communication correspondant, par exemple un câble Ethernet ou un câble métallique de toute sorte ou une ligne à fibres optiques ou une ligne téléphonique. Le réseau 970 représente au sens large un réseau local (LAN), un réseau étendu (WAN), un réseau de campus, un interréseau ou toute combinaison de ceux-ci. L'interface de communication 960 peut comporter une carte LAN pour fournir une connexion de communication de données à un réseau local compatible, ou une interface radiotéléphonique cellulaire câblée pour envoyer ou recevoir des données cellulaires selon les normes de réseau sans fil de radiotéléphonie cellulaire, ou une interface radio satellite câblée pour envoyer ou recevoir des données numériques selon les normes de réseau sans fil par satellite. Dans une telle mise en œuvre, l'interface de communication 960

envoie et reçoit des signaux électriques, électromagnétiques ou optiques via des trajets de signaux qui transportent des flux de données numériques représentant divers types d'informations.

[0185] La liaison réseau 965 fournit généralement une communication de données électrique, électromagnétique ou optique directement ou par l'intermédiaire d'au moins un réseau à d'autres dispositifs de données, en utilisant, par exemple, la technologie satellite, cellulaire, Wi-Fi ou BLUETOOTH. Par exemple, la liaison réseau 965 peut fournir une connexion par l'intermédiaire d'un réseau 970 à un ordinateur hôte 950.

[0186] En outre, la liaison réseau 965 peut fournir une connexion par l'intermédiaire du réseau 970 ou à d'autres dispositifs informatiques via des dispositifs d'interconnexion de réseaux et/ou des ordinateurs qui sont exploités par un fournisseur d'accès Internet (ISP) 975. L'ISP 975 fournit des services de communication de données par l'intermédiaire d'un réseau mondial de communication de données par paquets représenté par Internet 980. Un ordinateur serveur 955 peut être couplé à Internet 980. Le serveur 955 représente au sens large tout ordinateur, centre de données, machine virtuelle ou instance informatique virtuelle avec ou sans hyperviseur, ou ordinateur exécutant un système de programme conteneurisé tel que DOCKER ou KUBERNETES. Le serveur 955 peut représenter un service numérique électronique qui est mis en œuvre à l'aide de plusieurs ordinateurs ou instances et qui est accessible et utilisé en transmettant des demandes de services Web, des chaînes d'URL (localisateur de ressources uniformes) avec des paramètres dans les charges utiles HTTP, des appels d'API, des appels de services d'applications ou d'autres appels de service. Le système informatique 905 et le serveur 955 peuvent constituer des éléments d'un système informatique distribué qui inclut d'autres ordinateurs, un cluster de traitement, une batterie de serveurs ou une autre organisation d'ordinateurs qui coopèrent pour effectuer des tâches ou exécuter des applications ou des services. Le serveur 955 peut comporter un ou plusieurs ensembles d'instructions organisées en modules, procédés, objets, fonctions, routines ou appels. Les instructions peuvent être organisées en un ou plusieurs programmes informatiques, services de système d'exploitation ou programmes d'application, y compris des applications mobiles. Les instructions peuvent comporter un système d'exploitation et/ou un logiciel système ; une ou plusieurs bibliothèques pour prendre en charge le multimédia, la programmation ou d'autres fonctions ; des instructions ou piles de protocoles de données pour mettre en œuvre les protocoles TCP/IP, HTTP ou d'autres protocoles de communication ; des instructions de traitement de format de fichier pour analyser ou restituer des fichiers codés en HTML, XML, JPEG, MPEG ou PNG ; des instructions d'interface utilisateur pour restituer ou interpréter des commandes pour une interface utilisateur graphique (IUG), une interface de ligne de commande ou une interface utilisateur texte ; des

logiciels d'application tels qu'une suite bureautique, des applications d'accès à Internet, des applications de conception et de fabrication, des applications graphiques, des applications audio, des applications d'ingénierie logicielle, des applications éducatives, des jeux ou des applications diverses. Le serveur 955 peut comporter un serveur d'application Web qui héberge une couche de présentation, une couche d'application et une couche de stockage de données telles qu'un système de base de données relationnelle utilisant un langage d'interrogation structuré (SQL) ou sans SQL, un magasin d'objets, une base de données orientée graphe, un système de fichiers plats ou une autre unité de stockage de données.

[0187] Le système informatique 905 peut envoyer des messages et recevoir des données et instructions, y compris un code de programme, par l'intermédiaire du ou des réseau(x), de la liaison réseau 965 et de l'interface de communication 960. Dans l'exemple Internet, un serveur 955 peut transmettre un code demandé pour un programme d'application par Internet 980, ISP 975, réseau local 970 et interface de communication 960. Le code reçu peut être exécuté par le processeur 910 lorsqu'il est reçu et/ou stocké dans l'unité de stockage 915, ou une autre unité de stockage non volatile pour une exécution ultérieure.

[0188] L'exécution d'instructions telle que décrite dans la présente section peut mettre en œuvre un processus sous la forme d'une instance d'un programme informatique qui est exécuté et consistant en un code de programme et son activité en cours. En fonction du système d'exploitation (OS), un processus peut être composé de multiples fils d'exécution qui exécutent simultanément des instructions. Dans ce contexte, un programme informatique est un ensemble passif d'instructions, tandis qu'un processus peut être l'exécution réelle de ces instructions. Plusieurs processus peuvent être associés au même programme ; par exemple, l'ouverture de plusieurs instances du même programme signifie souvent que plusieurs processus sont exécutés. Un traitement multitâche peut être mis en œuvre pour permettre à plusieurs processus de partager le processeur 910. Tandis que chaque processeur 910 ou le cœur du processeur exécute une tâche unique à la fois, le système informatique 905 peut être programmé pour mettre en œuvre un traitement multitâche afin de permettre à chaque processeur de basculer entre les tâches en cours d'exécution sans avoir à attendre la fin de chaque tâche. Dans un mode de réalisation, des basculements peuvent être opérés lorsque des tâches effectuent des opérations d'entrée/sortie, lorsqu'une tâche indique qu'un basculement est possible ou lors d'interruptions matérielles. Un partage de temps peut être mis en œuvre pour permettre une réponse rapide pour des applications utilisateur interactives en effectuant rapidement des basculements de contexte pour offrir l'apparence d'une exécution concurrente de multiples processus simultanément. Dans un mode de réalisation, pour des raisons de sécurité et de fiabilité, un système

d'exploitation peut empêcher la communication directe entre des processus indépendants, fournissant une fonctionnalité de communication inter-processus à médiation et contrôle stricts.

[0189] Objet de l'invention

[0190] La présente invention est destinée à remédier à tout ou partie des inconvénients de l'état de la technique.

[0191] À cet effet, selon un premier aspect, la présente invention a trait à un système de maintenance prédictive d'installation aquatique, comprenant :

- au moins un capteur physique/chimique en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique, et

- au moins un processeur configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :

- fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentatives d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement, et

- détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de l'événement.

[0192] Ces dispositions permettent à la fois de prédire avec précision un besoin futur de maintenance d'une ou plusieurs installations aquatiques et d'optimiser la séquence des opérations de maintenance afin de réduire les risques à court et à long terme de dégradations durables de l'installation ou de l'eau qu'elle contient.

[0193] Dans des modes de réalisation particuliers, le système objet de la présente invention comporte un véhicule submersible et/ou flottant, comprenant au moins un dit capteur physique/chimique et/ou une conduite d'un système de circulation où l'eau s'écoule, et/ou dans une chambre d'analyse comprenant au moins un dit capteur physique/chimique, configuré pour fournir une mesure d'un paramètre physique/chimique local à proximité du véhicule submersible et/ou flottant et/ou dans le système de circulation de l'installation aquatique.

[0194] De telles dispositions permettent de déterminer avec précision les problèmes et risques associés à l'eau dans l'installation et/ou à l'installation elle-même. La possibilité d'utiliser des capteurs embarqués dans un véhicule mobile permet une plus grande flexibilité quant au positionnement desdits capteurs par rapport à une valeur physique/chimique particulière à analyser. L'adéquation entre positionnement et mesure garantit une plus grande précision des résultats et de meilleures capacités de

diagnostic.

- [0195] Dans des modes de réalisation particuliers, le véhicule submersible et/ou flottant comporte un capteur optique, configuré pour fournir une représentation graphique de l'installation d'eau et/ou aquatique, ladite représentation étant utilisée lors de l'étape de fonctionnement du modèle d'apprentissage automatique entraîné.
- [0196] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins un capteur physique/chimique peut être :
- un capteur de pH, et/ou
 - un capteur d'alcalinité totale, et/ou
 - un capteur de conductivité, et/ou
 - un capteur de potentiel d'oxydoréduction, et/ou
 - un capteur de turbidité, et/ou
 - un capteur de température, et/ou
 - un capteur d'écoulement, et/ou
 - un capteur optique, et/ou
 - une caméra et/ou une caméra vidéo, et/ou
 - un capteur acoustique et/ou sonar, et/ou
 - un capteur de mouvement de l'eau, et/ou
 - un capteur de pression.
- [0197] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins un capteur physique/chimique est un dispositif de mesure d'alcalinité totale aquatique, comprenant :
- une sonde de pH configurée pour mesurer le pH au niveau de la couche limite d'une masse d'eau,
 - en option, un dispositif de référence flottant à proximité de la sonde de pH,
 - un contrôleur de capteur, configuré pour activer et désactiver, ou connecter et déconnecter, séquentiellement la sonde de pH,
 - un dispositif de détection de variation de mesure de pH, configuré pour détecter une variation de mesure de pH dans une séquence de mesures de sonde de pH, et
 - un dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique, configuré pour déterminer une valeur d'alcalinité totale aquatique de la masse d'eau en fonction de la variation de mesure de pH détectée.
- [0198] De telles dispositions permettent une mesure précise et quasiment en temps réel d'une valeur d'alcalinité totale d'une masse d'eau à un coût abordable et avec un équipement ordinaire. Cependant, les avantages de la présente invention résultent de la découverte contre-intuitive, par les inventeurs, du fait que la mise en marche et l'arrêt de la sonde de pH lorsque l'eau ne s'écoule pas, fournit une mesure précise de l'alcalinité totale alors qu'une mesure en continu du pH ne le permet pas. En effet, l'activation/désactivation ou connexion/déconnexion successive de la sonde de pH

entraîne une réaction chimique à proximité de la sonde de pH. Cette réaction chimique entraîne une variation de la mesure du pH, ladite variation dépendant de la valeur d'alcalinité totale de l'eau à proximité de la sonde de pH désactivée, lorsque l'eau ne s'écoule pas. Par conséquent, la présente invention permet de déterminer la valeur d'alcalinité totale d'une masse d'eau sans utiliser de capteur de mesure d'alcalinité totale. Une telle mesure indirecte améliore considérablement la capacité à mesurer l'alcalinité totale dans des installations aquatiques et dans tout autre système de stockage et de gestion de l'eau.

- [0199] Dans des modes de réalisation particuliers, l'objet système de la présente invention comporte un capteur de paramètres externes, le modèle entraîné étant configuré pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentative d'un paramètre physique/chimique et au moins une série de paramètres externes détectés, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement.
- [0200] De tels modes de réalisation permettent l'entraînement du modèle d'apprentissage automatique pour reconnaître des modèles qui impliquent des paramètres externes, tels que la météo, la pollution de l'air, un nombre de baigneurs dans l'installation aquatique, l'acquisition d'images externes ou la température de l'air par exemple.
- [0201] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'affectation, pour au moins un événement prévu dans une séquence d'opérations de maintenance, d'un identifiant d'opérateur en fonction des paramètres d'opérateur associés à l'identifiant d'opérateur.
- [0202] De tels modes de réalisation permettent l'affectation dynamique et efficace de ressources humaines à la maintenance de l'installation aquatique.
- [0203] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins deux identifiants d'opérateur sont affectés lors de l'étape d'affectation, au moins un processeur étant configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :
 - transmission, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants d'opérateur, et
 - réception, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants d'opérateur.
- [0204] De tels modes de réalisation permettent la sélection, par un utilisateur gestionnaire, de l'opérateur en charge de la maintenance. Une telle sélection peut être basée sur le coût financier, la distance ou l'expérience de l'opérateur, par exemple.
- [0205] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins un événement prévu est associé à un identifiant de type d'événement, au moins un paramètre d'opérateur représentant une compatibilité opérateur-identifiant de type d'événement.

- [0206] De tels modes de réalisation permettent la sélection, par un utilisateur gestionnaire, de l'opérateur en charge de la maintenance sur la base de la compatibilité (expertise) dudit opérateur avec l'événement de maintenance prévu.
- [0207] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'identification d'au moins un identifiant de produit représentatif d'un produit à utiliser lors de la séquence d'opérations de maintenance déterminée.
- [0208] De tels modes de réalisation permettent d'identifier des produits qui peuvent atténuer la gravité de l'événement de maintenance prévu ou permettre de terminer la maintenance.
- [0209] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins deux identifiants de produit sont identifiés lors de l'étape d'identification, au moins un processeur étant configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :
- transmission, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants de produit, et
 - réception, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants de produit.
- [0210] De tels modes de réalisation permettent la sélection, par un utilisateur gestionnaire, du produit à utiliser pour la maintenance. Une telle sélection peut être basée sur le coût financier, la distance ou la qualité du produit, par exemple.
- [0211] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'estimation d'un indice d'impact de produit, représentatives de la capacité d'un produit à résoudre un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique, ledit indice étant associé à au moins un identifiant de produit identifié et transmis lors de l'étape de transmission.
- [0212] De tels modes de réalisation permettent la sélection, par un utilisateur gestionnaire, du produit à utiliser pour la maintenance en fonction de la probabilité d'impact positif du produit sur l'événement de maintenance prévu.
- [0213] Dans des modes de réalisation particuliers, l'au moins un processeur est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'émission, vers un système informatique tiers associé à au moins un identifiant de produit sélectionné, d'un message représentatif d'un bon de commande d'au moins un produit associé à au moins un identifiant de produit sélectionné.
- [0214] De tels modes de réalisation permettent l'acquisition automatique du produit sélectionné et l'expédition à l'installation aquatique.
- [0215] Dans des modes de réalisation particuliers, au moins un capteur physique/chimique

est associé à des coordonnées géographiques, l'étape de détermination d'une séquence étant configurée pour déterminer en outre une séquence en fonction des coordonnées géographiques des installations aquatiques associées à au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu.

[0216] De tels modes de réalisation permettent une affectation dynamique et efficace d'opérateurs et de ressources pour optimiser la logistique desdites ressources.

[0217] Selon un second aspect, la présente invention a trait à un procédé de maintenance prédictive d'installation aquatique, comprenant :

- au moins une étape de fonctionnement d'un capteur physique/chimique en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique,
- une étape de fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentative d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement, et
- une étape de détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date d'occurrence de l'événement associée.

[0218] Le procédé objet de la présente invention offre les mêmes avantages que le système objet de la présente invention.

Revendications

- [Revendication 1] Système de maintenance prédictive d'installation aquatique (100), caractérisé en ce qu'il comporte :
- au moins un capteur physique/chimique (110, 115, 116, 117, 181, 182, 183, 184) en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique et configuré pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique et
 - au moins un processeur (120) configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :
 - fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentatives d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement et
 - détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date associée d'occurrence de l'événement.
- [Revendication 2] Système (100) selon la revendication 1, qui comporte un véhicule submersible et/ou flottant (105, 106), comprenant au moins un dit capteur physique/chimique (110, 115, 116, 117) et/ou une conduite d'un système de circulation où de l'eau s'écoule, et/ou dans une chambre d'analyse (180) comprenant au moins un dit capteur physique/chimique (181, 182, 183, 184), configuré pour fournir une mesure d'un paramètre physique/chimique local à proximité du véhicule submersible et/ou flottant et/ou dans le système de circulation de l'installation aquatique.
- [Revendication 3] Système (100) selon la revendication 2, dans lequel le véhicule submersible et/ou flottant (105, 106) comporte un capteur optique (115), configuré pour fournir une représentation graphique de l'installation d'eau et/ou aquatique, ladite représentation étant utilisée lors de l'étape de fonctionnement du modèle d'apprentissage automatique entraîné.
- [Revendication 4] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel au moins un capteur physique/chimique (110, 115, 116, 117) est :
- un capteur de pH, et/ou
 - un capteur d'alcalinité totale, et/ou
 - un capteur de conductivité, et/ou
 - un capteur de potentiel d'oxydoréduction, et/ou

- un capteur de turbidité, et/ou
- un capteur de température, et/ou
- un capteur d'écoulement, et/ou
- un capteur optique, et/ou
- une caméra et/ou une caméra vidéo, et/ou
- un capteur acoustique et/ou sonar, et/ou
- un capteur de mouvement de l'eau, et/ou
- un capteur de pression.

- [Revendication 5] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel au moins un capteur physique/chimique est un dispositif de mesure d'alcalinité totale aquatique (500), comprenant :
- une sonde de pH (505) configurée pour mesurer le pH au niveau de la couche limite d'une masse d'eau,
 - un contrôleur de sonde (515), configuré pour activer et désactiver, ou connecter et déconnecter, séquentiellement la sonde de pH,
 - un dispositif de détection de variation de mesure de pH (520), configuré pour détecter une variation de mesure de pH dans une séquence de mesures par sonde de pH et
 - un dispositif de détermination de valeur d'alcalinité totale aquatique (525), configuré pour déterminer une valeur d'alcalinité totale aquatique de la masse d'eau en fonction de la variation de la mesure de pH détectée.
- [Revendication 6] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, qui comporte un capteur de paramètres externes (118), le modèle entraîné étant configuré pour associer, pour au moins une série de valeur détectées représentative d'un paramètre physique/chimique et au moins une série de paramètres externes détectés, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement.
- [Revendication 7] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'au moins un processeur (120) est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'affectation, pour au moins un événement prévu dans une séquence d'opérations de maintenance, d'un identifiant d'opérateur en fonction des paramètres d'opérateur associés à l'identifiant d'opérateur.
- [Revendication 8] Système (100) selon la revendication 7, dans lequel au moins deux identifiants d'opérateur sont affectés lors de l'étape d'affectation, au moins un processeur (120) étant configuré pour exécuter des instructions repré-

sentatives des étapes suivantes :

- transmission, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants d'opérateur et
- réception, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants d'opérateur.

- [Revendication 9] Système (100) selon la revendication 7 ou 8, dans lequel au moins un événement prévu est associé à un identifiant de type d'événement, au moins un paramètre d'opérateur représentant une compatibilité opérateur-identifiant de type d'événement.
- [Revendication 10] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'au moins un processeur (120) est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'identification d'au moins un identifiant de produit représentatif d'un produit à utiliser lors de la séquence d'opérations de maintenance déterminée.
- [Revendication 11] Système (100) selon la revendication 10, dans lequel au moins deux identifiants de produit sont identifiés lors de l'étape d'identification, au moins un processeur (120) étant configuré pour exécuter des instructions représentatives des étapes suivantes :
- transmission, à un système informatique tiers associé à un identifiant d'utilisateur, d'au moins deux desdits identifiants de produit et
 - réception, à partir d'un système informatique tiers associé à l'identifiant d'utilisateur, d'une sélection d'au moins l'un des au moins deux desdits identifiants de produit.
- [Revendication 12] Système (100) selon la revendication 11, dans lequel l'au moins un processeur (120) est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'estimation d'un indice d'impact du produit, représentatif de la capacité d'un produit à résoudre un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique, ledit indice étant associé à au moins un identifiant de produit identifié et transmis lors de l'étape de transmission.
- [Revendication 13] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, dans lequel l'au moins un processeur (120) est configuré pour exécuter des instructions représentatives d'une étape d'émission, vers un système informatique tiers associé à au moins un identifiant de produit sélectionné, d'un message représentatif d'un bon de commande d'au moins un produit associé à l'au moins un identifiant de produit sélectionné.
- [Revendication 14] Système (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans

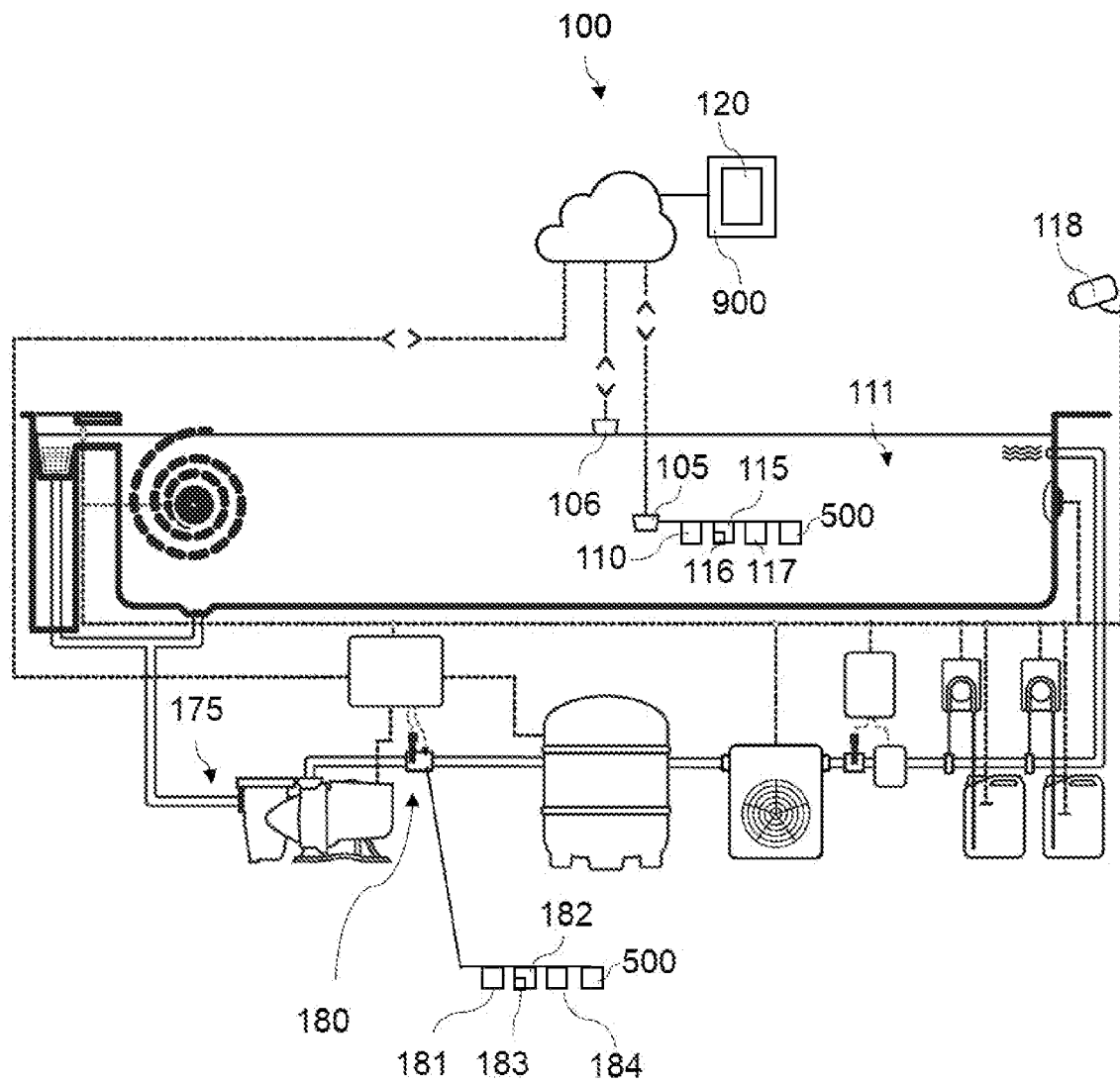
lequel au moins un capteur physique/chimique (110, 115, 116, 117, 118, 181, 182, 183, 184) est associé à des coordonnées géographiques, l'étape de détermination d'une séquence étant configurée pour déterminer en outre une séquence en fonction des coordonnées géographiques des installations aquatiques associées à au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu.

[Revendication 15]

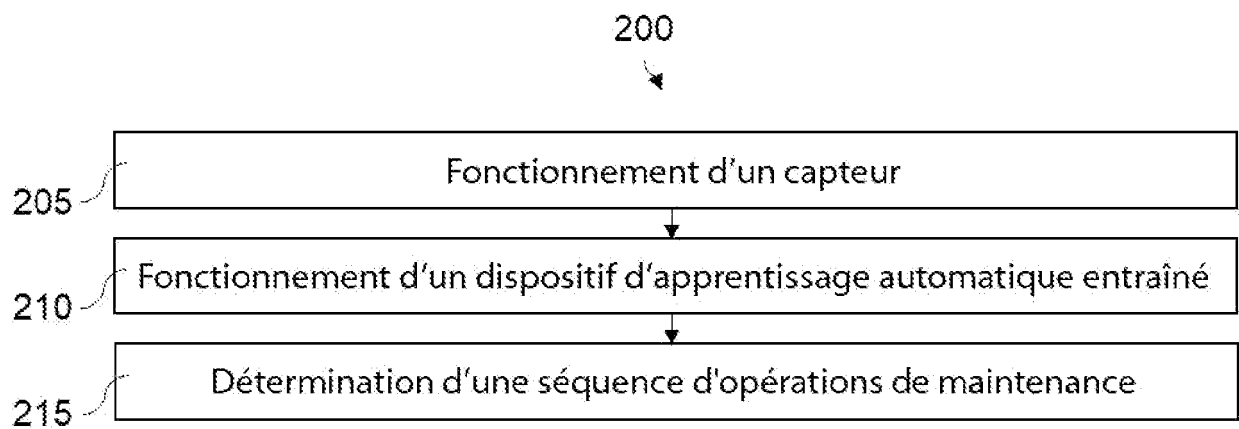
Procédé de maintenance prédictive d'installation aquatique (200), caractérisé en ce qu'il comporte :

- au moins une étape (205) de fonctionnement d'un capteur physique/chimique en interaction avec l'eau dans au moins une installation aquatique pour fournir une série d'au moins une valeur détectée représentative d'un paramètre physique/chimique,
- une étape (210) de fonctionnement d'un modèle d'apprentissage automatique entraîné, ledit modèle étant entraîné pour associer, pour au moins une série de valeurs détectées représentative d'un paramètre physique/chimique, au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique à une date d'occurrence de l'événement et
- une étape (215) de détermination d'une séquence d'opérations de maintenance à effectuer sur au moins une installation aquatique en fonction d'au moins un événement de dégradation opérationnelle d'installation aquatique prévu et de la date d'occurrence associée de l'événement.

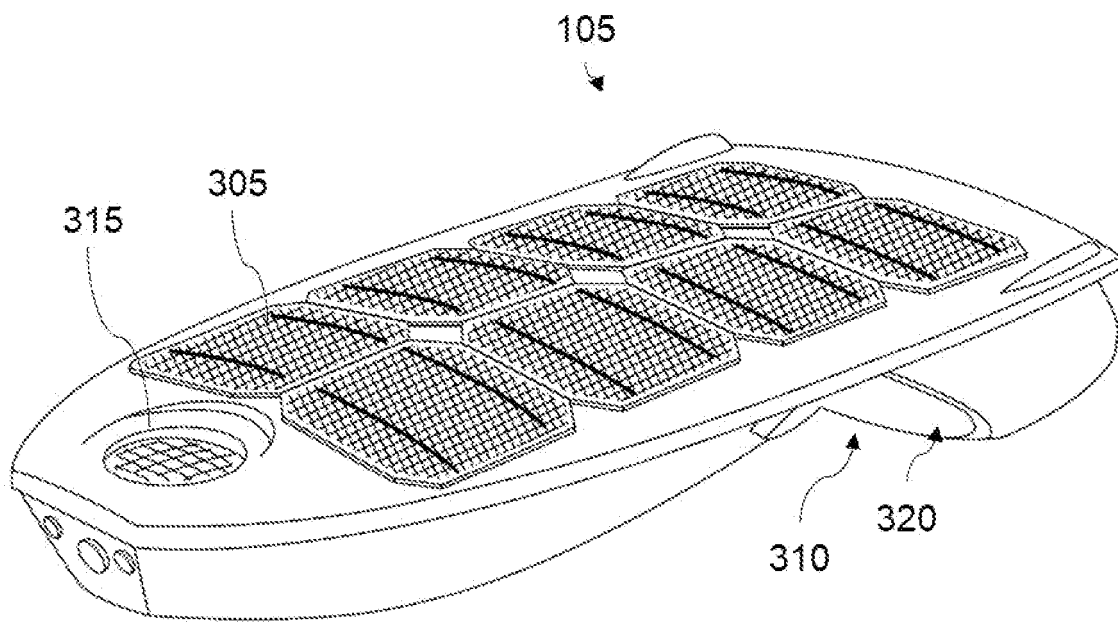
[Fig. 1]



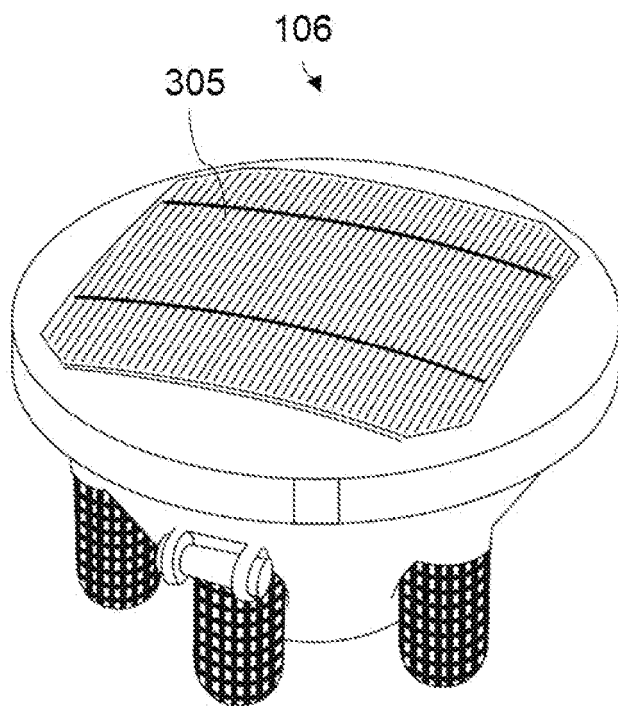
[Fig. 2]



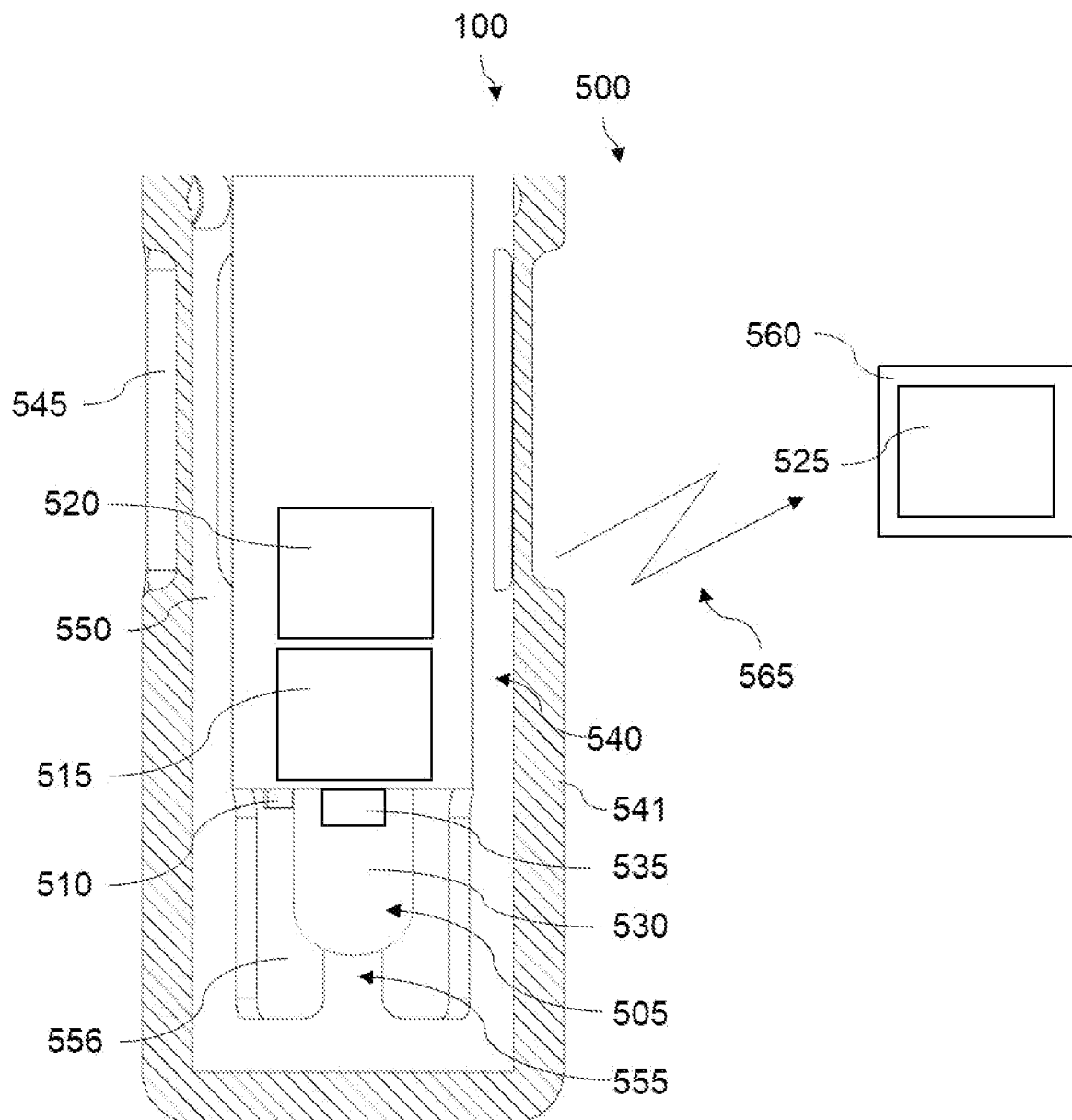
[Fig. 3]



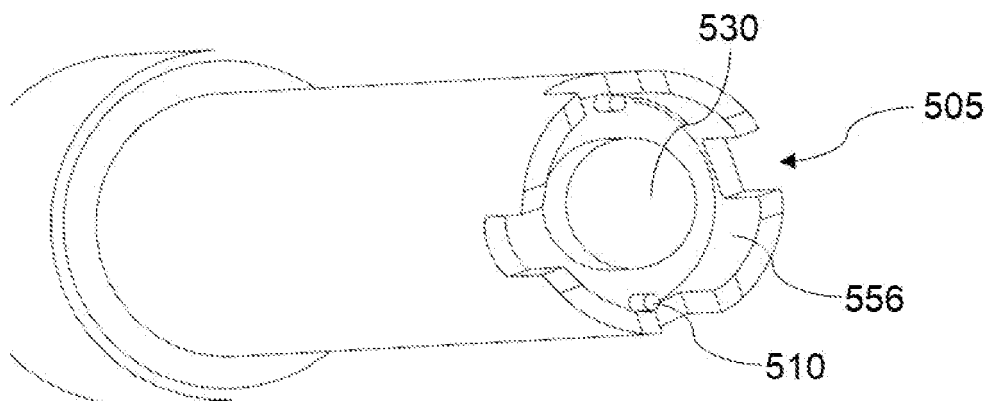
[Fig. 4]



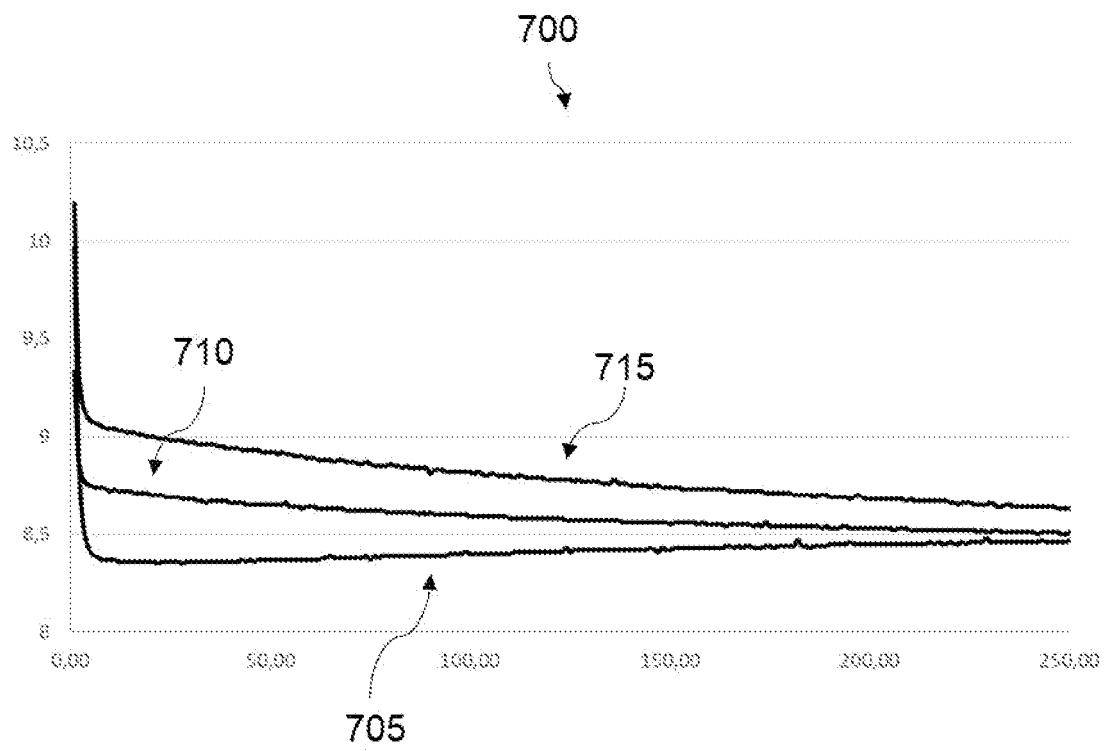
[Fig. 5]



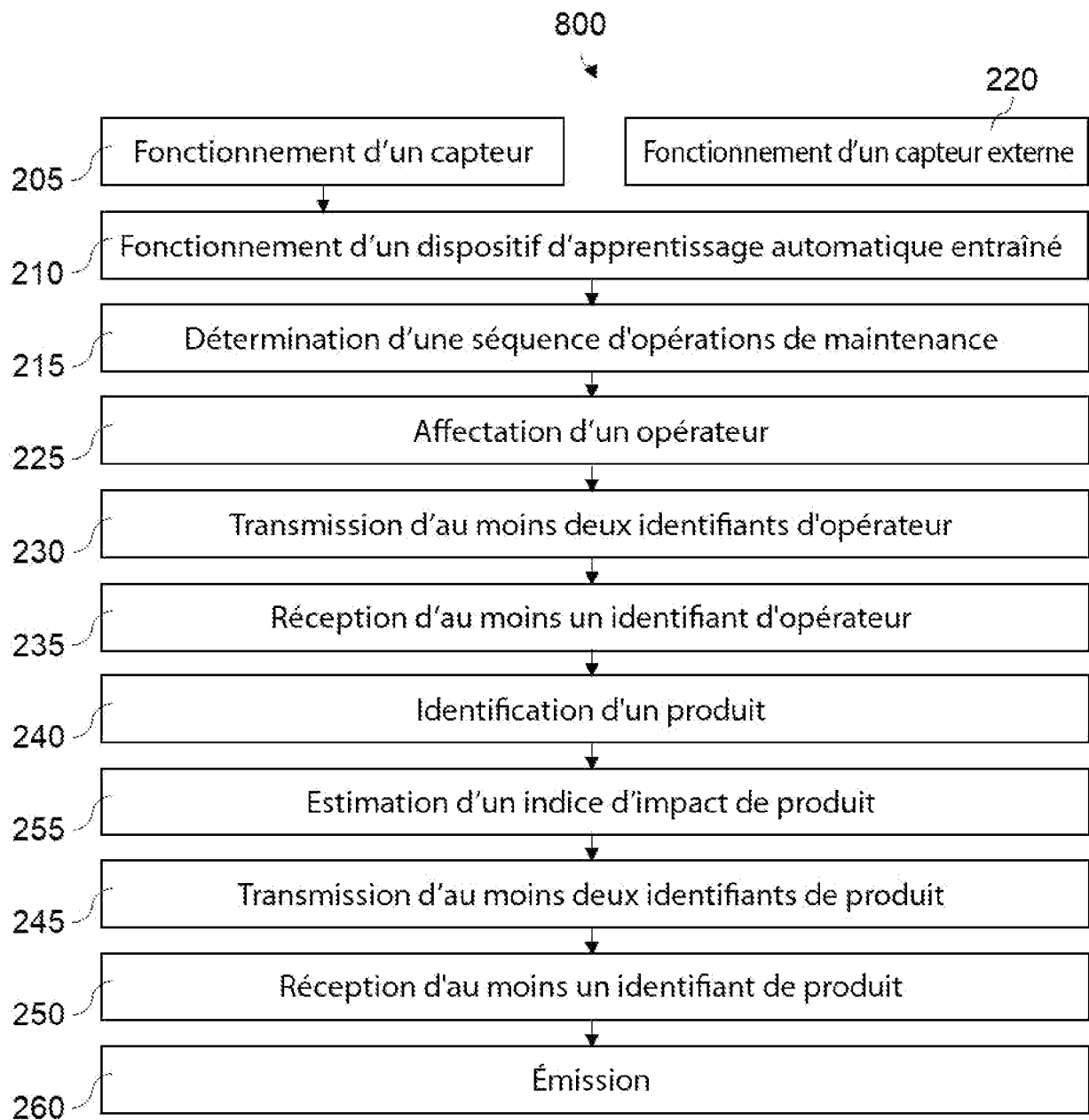
[Fig. 6]



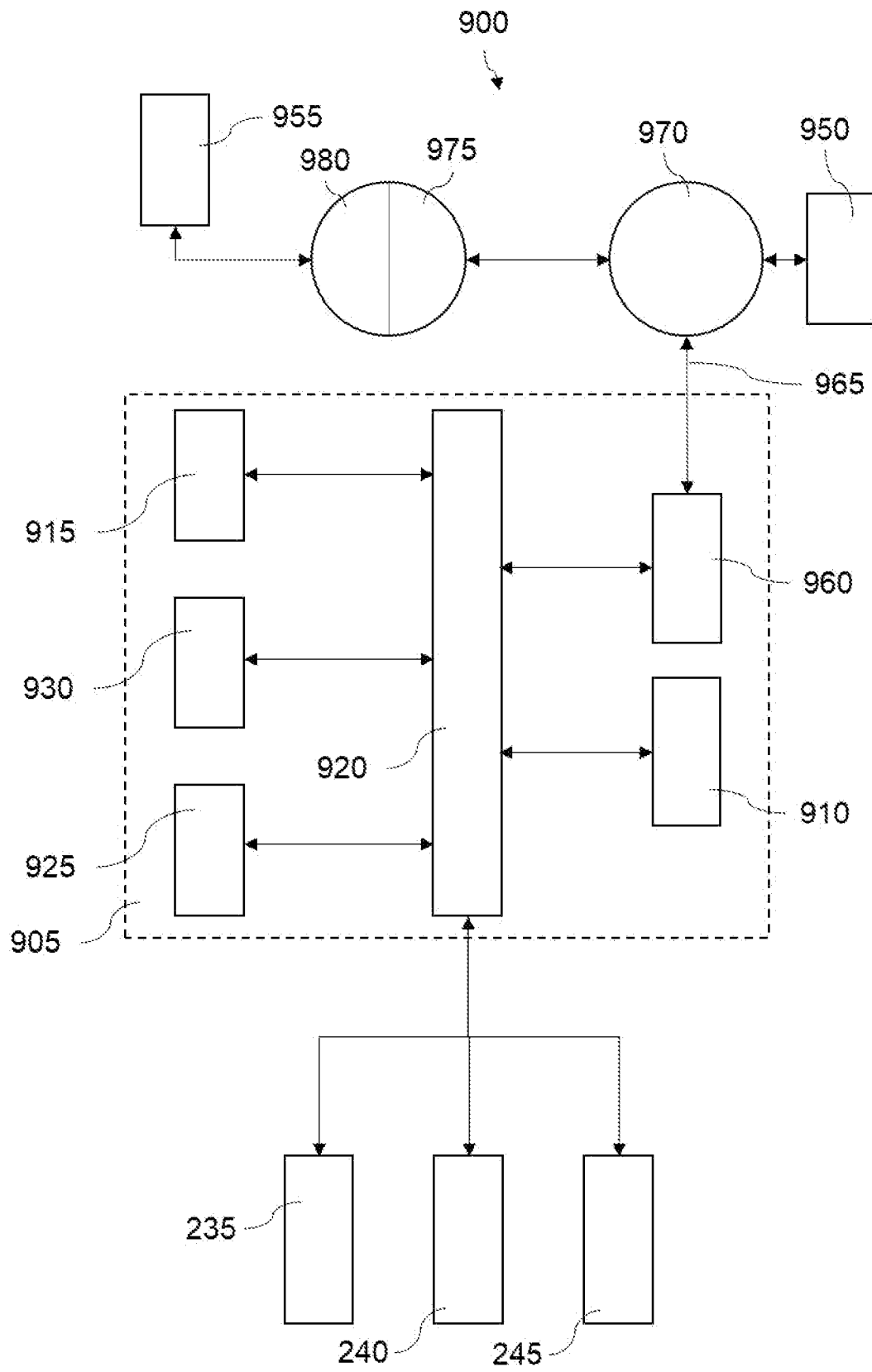
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 918852
FR 2303700

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2020/319621 A1 (ROY WILLIAM [US] ET AL) 8 octobre 2020 (2020-10-08)	1, 2, 4, 6-15	G01D 21/02
Y	* alinéas [0181], [0420], [0426] - [0430], [0438], [0443], [0445], [0456] - [0459], [0475]; figures 44, 49, 50, 51, 52 *	5	
X	US 2021/130200 A1 (YIZHACK TAMIR [IL] ET AL) 6 mai 2021 (2021-05-06)	1-4, 6-10, 14, 15	
Y	* alinéas [0005] - [0103], [0186] - [0326]; figures 1, 2, 3 *	5	
X	US 2021/301985 A1 (BROWN EDWARD [US] ET AL) 30 septembre 2021 (2021-09-30) * alinéas [0078] - [0080], [0127], [0138], [0144], [0146], [0147]; figures 5, 6A, 11, 13, 14 *	1, 15	
X	Anonymous: "Flipr Plunges into the Heart of the Las Vegas CES 2017 with its Predictive Connected Object for Swimming Pool Maintenance Press Realease", FLIPR, 22 décembre 2016 (2016-12-22), XP055511053, Extrait de l'Internet: URL: https://goflipr.com/wp-content/uploads/2016/12/CP-FLIPR_CES2017.pdf [extrait le 2018-09-28] * pages 1-2 *	1, 15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	US 2022/196588 A1 (SALZER COREY ALAN [US]) 23 juin 2022 (2022-06-23) * alinéas [0001], [0022], [0033] *	5	G01N G06Q C02F E04H G01F
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2023		Myrillas, K	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 918852
FR 2303700

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 2018/224397 A1 (KROLL DAN J [US] ET AL) 5 9 août 2018 (2018-08-09) * abrégé; figure 1 * * alinéa [0005] * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2023		Myrillas, K	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2303700 FA 918852**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-11-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2020319621 A1	08-10-2020	US 2020319621 A1	08-10-2020	
		US 2023131356 A1	27-04-2023	
		US 2023142059 A1	11-05-2023	
		US 2023142306 A1	11-05-2023	
		US 2023145381 A1	11-05-2023	
		US 2023145734 A1	11-05-2023	
		US 2023146187 A1	11-05-2023	
		US 2023147296 A1	11-05-2023	
US 2021130200 A1	06-05-2021	AU 2017388638 A1	15-08-2019	
		AU 2017388639 A1	15-08-2019	
		BR 112019013504 A2	07-01-2020	
		EP 3562785 A1	06-11-2019	
		EP 3563018 A1	06-11-2019	
		IL 267702 A	29-08-2019	
		IL 267704 A	29-08-2019	
		US 2020148552 A1	14-05-2020	
		US 2021130200 A1	06-05-2021	
		US 2022169533 A1	02-06-2022	
		WO 2018122857 A1	05-07-2018	
		WO 2018122858 A1	05-07-2018	
		US 2021301985 A1	30-09-2021	US 2021301985 A1
WO 2020120973 A2	18-06-2020			
US 2022196588 A1	23-06-2022	CN 116783478 A	19-09-2023	
		EP 4267953 A1	01-11-2023	
		US 2022196588 A1	23-06-2022	
		WO 2022140193 A1	30-06-2022	
US 2018224397 A1	09-08-2018	CN 109313160 A	05-02-2019	
		EP 3475689 A1	01-05-2019	
		US 2018224397 A1	09-08-2018	
		WO 2017223365 A1	28-12-2017	