(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
24 avril 2014 (24.04.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/060655 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06Q 10/06 (2012.01) *G06Q 50/06* (2012.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/052355

(22) Date de dépôt international :
16 octobre 2012 (16.10.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(71) Déposants *(pour tous les États désignés sauf US)* : **LYONNAISE DES EAUX FRANCE** [FR/FR]; Tour CB21, 16 Place de l'Iris, F-92040 Paris La Defense Cedex (FR). **UNIVERSITE DE BORDEAUX 1** [FR/FR]; Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel, 351, Cours de la Libération, F-33405 Talence Cedex (FR). **UNIVERSITE DE BORDEAUX SEGALEN** [FR/FR]; Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel, 146, rue Léo Saignat, F-33076 Bordeaux Cedex (FR). **INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX 1** [FR/FR]; Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionel, 1, Avenue du Docteur Albert Schweitzer, F-33402 Talence Cedex (FR). **INRIA** [FR/FR]; Etablissement Public à caractère scientifique et technologique, Domaine de Voluceau-Rocquencourt, BP 105, F-78153 Le Chesnay Cedex (FR). **IRSTEA** [FR/FR]; Etablissement Public à caractère scientifique et technologique, 1, Rue Pierre Gilles de Gennes, F-92761 Antony (FR).

(72) Inventeurs; et

(71) Déposants *(pour US seulement)* : **CLAUDIO, Karim** [FR/FR]; 11 rue des Faures, F-33000 Bordeaux (FR). **COUALLIER, Vincent** [FR/FR]; 205, avenue du Taillan Médoc, F-33320 Eysines (FR). **LEGAT, Yves** [FR/FR]; 110 rue de Bègles, F-33800 Bordeaux (FR). **SARACCO, Jérôme** [FR/FR]; 1194 la Rose, F-33650 Saint Morillon (FR).

(74) Mandataires : **MICHARDIERE, Bernard** et al.; 3, avenue Bugeaud, F-75116 Paris (FR).

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

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR THE REAL-TIME ESTIMATION OF THE TOTAL CONSUMPTION OF A FLUID DISTRIBUTED TO USERS, AND A DISTRIBUTION NETWORK IMPLEMENTING SAID METHOD

(54) Titre : PROCEDE POUR ESTIMER EN TEMPS REEL LA CONSOMMATION TOTALE D'UN FLUIDE DISTRIBUE A DES USAGERS, ET RESEAU DE DISTRIBUTION METTANT EN OEUVRE CE PROCEDE.

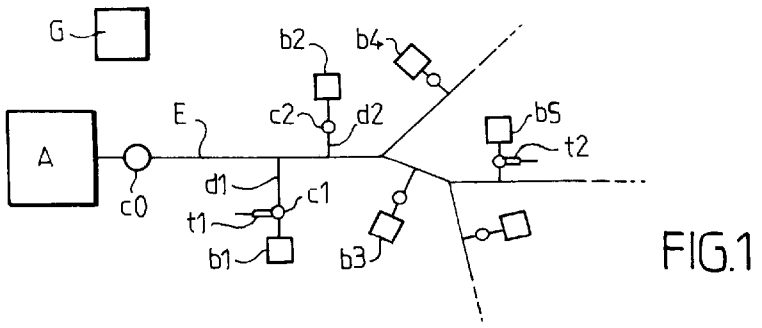


FIG.1

(57) Abstract : A method for the real-time estimation of the total consumption of a fluid, in particular water or gas, distributed from a unit (A) to users (b1, b2...) via a network of supply pipes (E) with a branch (d1, d2...), for each user, fitted with a counter (c1, c2...) of the fluid consumed by the user, which method involves defining cohorts of users having homogeneous behaviour with regard to the consumption of fluid; defining, for at least one of these cohorts, a sample of users from the cohort that is statistically sufficient to represent the cohort; fitting only the branches of the users of each sample with a remote reading device (t1, t2,...) for reading the consumption; also fitting remote reading devices to the branches of the users of the other cohorts that have not been sampled; and processing the information provided by the remote reading devices to obtain a real-time value representative of the total consumption of the network.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/060655 A1

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

Publiée :

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

Procédé pour estimer en temps réel la consommation totale d'un fluide, notamment eau ou gaz, distribué depuis une unité (A) à des usagers (b1, b2...) par un réseau de conduites (E) d'alimentation avec un branchement (d1, d2...), pour chaque usager, équipé d'un compteur (c1, c2...) du fluide consommé par l'usager, procédé selon lequel on détermine des strates d'usagers ayant un comportement homogène vis-à-vis de la consommation de fluide; on détermine, pour au moins une de ces strates, un échantillon d'usagers de la strate suffisant statistiquement pour représenter la strate; on équipe seulement les branchements des usagers de chaque échantillon avec un dispositif de télérelève (t1, t2,...) de la consommation; on équipe aussi de dispositifs de télérelève les branchements des usagers des autres strates qui n'ont pas été échantillonnées; et on traite les informations fournies par les dispositifs de télérelève pour obtenir en temps réel une valeur représentative de la consommation totale du réseau.

PROCEDE POUR ESTIMER EN TEMPS REEL LA CONSOMMATION TOTALE D'UN FLUIDE DISTRIBUE A DES USAGERS, ET RESEAU DE DISTRIBUTION METTANT EN ŒUVRE CE PROCEDE.

L'invention est relative à un procédé pour estimer en temps réel la consommation totale d'un fluide, notamment eau ou gaz, distribué depuis une unité à des usagers par un réseau de conduites d'alimentation avec un branchement, pour chaque usager, équipé d'un compteur du fluide consommé par l'usager.

Par l'expression "estimer en temps réel la consommation totale", on désigne une estimation de la consommation sur un pas de temps fin, par exemple consommation sur quelques heures, ou sur un jour, ou une semaine, c'est-à-dire sur une période de temps relativement réduite par rapport à la période de facturation sur relevé qui peut s'étendre sur un trimestre ou même sur une année.

Pour l'entreprise qui assure l'approvisionnement et la distribution du fluide, il est important, pour une bonne gestion du réseau de distribution, de connaître la consommation en temps réel et sa répartition entre les divers usagers. Plus précisément, dans le cas d'une distribution d'eau, la connaissance de la consommation en temps réel permet de détecter des anomalies sur le réseau, notamment lorsqu'une différence sensible apparaît entre la quantité d'eau fournie par le distributeur, et la quantité d'eau consommée d'après les compteurs des usagers, ce qui permet notamment de déterminer des prélèvements indus ou des pertes éventuelles en ligne.

La télérelève de compteurs de fluide, notamment de compteurs d'eau, permet de connaître exactement la consommation en eau potable d'un usager à un instant donné. Cependant, une mise en œuvre d'un tel relevé pour tous les usagers d'un réseau entraîne des coûts d'investissement trop importants.

L'invention a pour but, surtout, de permettre une estimation précise de la consommation totale d'un réseau en temps réel, sans entraîner des dépenses trop importantes en matériel et/ou en personnel pour obtenir les valeurs recherchées de consommation.

Selon l'invention, le procédé est caractérisé en ce que :

- on détermine des strates d'usagers qui contiennent un nombre d'usagers ayant un comportement homogène vis-à-vis de la consommation de fluide ;
- on détermine, pour au moins une de ces strates, un échantillon d'usagers de la strate dont le nombre est inférieur au nombre total d'usagers de la strate,

mais suffisant statistiquement pour représenter la strate ;

- on équipe seulement les branchements des usagers de chaque échantillon avec un dispositif de télérelève de la consommation ;
- on équipe aussi de dispositifs de télérelève les branchements des usagers des autres strates qui n'ont pas été échantillonnées ;
- et on traite les informations fournies par les dispositifs de télérelève pour obtenir en temps réel une valeur représentative de la consommation totale du réseau.

De préférence, les strates d'usagers sont déterminées à partir d'une période de consommation de plusieurs mois ou annuelle, et chaque strate regroupe les usagers dont la consommation sur la période considérée est comprise entre deux limites de consommation prédéterminées.

Avantageusement, tous les branchements d'usagers de la strate supérieure, correspondant aux plus fortes consommations, sont équipés de dispositifs de télérelève, tandis que les autres strates, correspondant à des consommations supérieures à la valeur nulle, sont échantillonnées et seuls les branchements des usagers de l'échantillon de chaque strate sont équipés de dispositifs de télérelève.

Le nombre de strates et le nombre d'usagers dans un échantillon peuvent être déterminés, selon la précision souhaitée, par des règles statistiques.

Avantageusement le nombre de strates est égal à six. La strate supérieure correspond aux plus fortes consommations.

Les index de consommation fournis par les dispositifs de télérelève sont, de préférence, recalés à heure fixe par interpolation.

La composition des strates peut être redressée par une information périodiquement actualisée des consommations des usagers.

On effectue un traitement des données relevées pour éliminer les données aberrantes, reconstituer par interpolation ou extrapolation des données manquantes et déterminer la consommation globale.

En notant n' le nombre total d'usagers de toutes les strates à échantillonner, la taille n_h d'un échantillon au sein d'une strate h est avantageusement effectuée selon l'allocation de Neyman d'après laquelle la taille n_h dépend de l'effectif N_h de cette strate, ainsi que de la racine carrée S_h de la dispersion au sein de cette strate :

$$n_h = n' \times \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^{L-1} N_h S_h}$$

avec L – 1 égal au nombre de strates échantillonnées.

L'invention est également relative à un réseau de distribution de fluide, en particulier d'eau, mettant en œuvre le procédé défini précédemment, ce réseau comportant un ensemble de conduites alimentées par une unité, et des branchements équipés de compteurs pour délivrer aux usagers le fluide à consommer, certains de ces branchements étant équipés de dispositifs de télérelève, ce réseau étant caractérisé en ce que les dispositifs de télérelève, dont le nombre est inférieur à celui des compteurs, sont répartis en tenant compte de la consommation de chaque usager, la probabilité pour qu'un branchement soit équipé d'un dispositif de télérelève étant d'autant plus élevée que la consommation de l'usager relié à ce branchement est plus élevée.

Avantageusement, le nombre de branchements équipés de dispositifs de télérelève influe fortement sur la précision des estimateurs. A un niveau de précision requis, notamment pour la détection de fuite, correspond un taux d'échantillonnage propre à la zone d'étude choisie.

Le nombre de branchements équipés de dispositifs de télérelève peut être inférieur ou égal à 20 %, notamment d'environ 10%, du nombre total de branchements, et la répartition des dispositifs de télérelève peut être effectuée, selon la consommation de chaque usager échantillonné, de sorte que la consommation totale estimée avec ce nombre limité de dispositifs de télérelevé soit fiable à ± 10 % près.

L'invention consiste, mises à part les dispositions exposées ci-dessus, en un certain nombre d'autres dispositions dont il sera plus explicitement question ci-après à propos d'exemples de réalisation décrits avec référence aux dessins annexés, mais qui ne sont nullement limitatifs. Sur ces dessins :

Fig. 1 est un schéma sommaire d'un réseau de distribution de fluide..

Fig. 2 est un graphique illustrant la précision des estimateurs (erreurs relatives) en fonction du nombre de strates et du taux de sondage exprimé en pour-cent ; la précision théorique des estimations est portée en ordonnée en pour-cent, tandis que le nombre de strates est porté en abscisse ; les différentes courbes correspondent de haut en bas à des taux de sondage de 10 %, 15 %, 20 % et 25 % des usagers.

Fig. 3 est un tableau illustrant le découpage en strates d'usagers branchés sur un réseau de distribution d'eau, selon la consommation annuelle individuelle.

Fig. 4 est un diagramme de la fonction de répartition de la consommation annuelle des usagers d'un même réseau de distribution, avec en

abscisse une consommation annuelle facturée, portée à une grande échelle, et en ordonnée la fréquence cumulée exprimée en pour-cent.

Fig. 5 est un graphe semblable à celui de Fig. 4 de la fonction de répartition avec une échelle plus petite en abscisse.

Fig. 6 est un graphe illustrant l'erreur d'estimation d'une consommation journalière en fonction de la taille d'un échantillon porté en abscisse (moyenne sur les 365 jours) tandis qu'en ordonnée est porté le pourcentage d'erreur sur la consommation journalière, et

Fig. 7 est un graphe illustrant l'estimation par sondage stratifié de la consommation journalière totale sur une année, la consommation étant portée en ordonnée et étant représentée par une courbe en trait plein pour les valeurs mesurées, une courbe en pointillé pour les valeurs estimées, et deux courbes en tirets pour les bornes d'indice de confiance à 95% (IC95%).

La description qui suit est donnée à propos d'un réseau de distribution d'eau, mais peut s'appliquer à tout réseau de distribution de fluide autre que l'eau, notamment à une distribution de gaz.

Fig. 1 représente sommairement et schématiquement un réseau de distribution d'eau depuis une unité A, de production ou de stockage, à des usagers b1, b2... par un réseau de conduites E équipées, au niveau d'un branchement d1, d2 pour chaque usager, d'un compteur c1, c2... de l'eau consommée par l'usager. Au départ de l'unité A, un compteur global c0 est prévu sur la conduite principale permettant de connaître la quantité d'eau fournie au réseau.

La connaissance en temps réel de la consommation globale des différents usagers est importante pour, par exemple, déterminer une anomalie, telle qu'un prélèvement indu sur le réseau, en comparant la quantité consommée d'après les compteurs et la quantité fournie d'après le compteur global c0.

Le nombre d'usagers branchés sur un même réseau peut dépasser plusieurs milliers. Le procédé de l'invention vise à permettre de connaître précisément la consommation en eau d'une population d'usagers, sur un pas de temps fin, en particulier sur la journée, sans pour autant nécessiter des investissements très importants qui correspondraient au déploiement d'une télérelève généralisée pour tous les usagers.

On rappelle qu'un dispositif de télérelève t1, installé sur un compteur tel que c1, permet de transmettre à distance, sous forme d'un index, la consommation d'eau relevée à un instant donné, avec indication de l'heure du relevé. Cette information, transmise notamment par radio, est recueillie par un

centre G comportant des moyens de calcul pour le traitement de données et des moyens de stockage.

Le procédé selon l'invention d'estimation en temps réel de la consommation notamment journalière en eau comprend, tout d'abord, une préconisation des usagers à échantillonner et à équiper d'un dispositif de télé-relevé (émetteurs de télérelève t1, t2…).

Constitution d'un échantillon d'usagers à équiper

On détermine des strates d'usagers qui contiennent un nombre d'usagers ayant un comportement homogène vis-à-vis de la consommation d'eau. On découpe ainsi la population en strates de consommation, c'est-à-dire en groupes d'individus à comportement homogène pour le paramètre considéré (consommation d'eau). Un échantillon sera ensuite extrait de chacune de ces strates.

Au vu des informations disponibles sur les bases de données d'un distributeur d'eau, l'information la plus pertinente est le volume individuel d'eau facturé sur une année, qui est une variable corrélée à la consommation journalière.

Les strates construites à partir de la consommation annuelle individuelle facturée pourront être appelées par la suite "strates de consommation".

Pour le réseau de distribution considéré, l'objectif est d'obtenir, à partir d'un échantillon global, dont la taille est à définir, une estimation la plus précise possible de la consommation journalière de tous les usagers du réseau, avec un investissement limité, en tenant compte de la consommation annuelle connue.

Fig.2 des dessins fait apparaître que, pour un taux de sondage global P compris entre 10 et 25 %, la précision est optimale, et donc l'erreur d'estimation est minimale, pour un nombre L de strates égal à 6.

Le taux de sondage global P de la population d'usagers correspond au rapport P= n/N du nombre « n » d'usagers échantillonnés, c'est-à-dire équipés d'un dispositif de télérelève, au nombre total d'usagers N.

Le taux de sondage P de la population d'usagers dépend de la précision requise comme illustré par Fig. 6 qui donne en fonction de la taille de l'échantillon, exprimée en unités et portée en abscisse, la précision exprimée en pourcentage d'erreur de la consommation journalière portée en ordonnée. Pour un échantillon global de 180 unités environ, la précision sera de l'ordre de 7 %, et pour un échantillon global de 315 unités environ, la précision sera de l'ordre

de 5 %.

Parmi les strates, deux sont fixées dès le départ : la strate 0 correspondant à des consommations facturées nulles ou négatives, par exemple par suite d'une absence de consommation et/ou de régularisations comptables, et la strate supérieure (la strate 5 dans l'exemple considéré) des "gros consommateurs", dont la consommation annuelle individuelle est égale ou supérieure à une limite fixée, par exemple 1000 m^3 ; il s'agit principalement d'entreprises industrielles, de PME, ou d'hôpitaux ou d'autres collectivités. Compte tenu de leur forte consommation, les branchements de ces usagers seront équipés exhaustivement de dispositifs de télérelève.

Les strates restantes 1-4 sont définies selon une méthode statistique, en particulier la méthode dite de Serfling, selon laquelle le découpage des strates est effectué d'après la fonction de répartition de la variable de stratification. La fonction de répartition d'une variable aléatoire X est la fonction qui, à toute valeur x, associe la probabilité pour que la variable aléatoire X soit inférieure ou égale à x.

Dans le cas présent, la variable aléatoire est la consommation annuelle facturée d'eau pour un usager. Il apparaît d'après Fig. 4 que la probabilité, ou fréquence cumulée, pour qu'une consommation annuelle d'usager soit inférieure à 1000 m^3 est d'environ 99 %. D'après Fig. 5, où les consommations annuelles portées en abscisse sont plus étalées, il apparaît que la probabilité pour que la consommation annuelle d'un usager soit inférieure à 20 m^3 est voisine de 18 % tandis que la probabilité pour que la consommation annuelle d'un usager soit inférieure à 80 m^3 est voisine de 42 %.

La strate 1, comme cela est illustré sur Fig. 5 et indiqué dans le tableau de Fig. 3, correspond aux consommations annuelles supérieures à 0 m^3 et au plus égales à 75 m^3 par an. La strate 2 correspond aux consommations annuelles supérieures à 75 m^3 et, au plus égales à 140 m^3. La strate 3 correspond aux consommations supérieures à 140 m^3 et inférieures ou égales à 235 m^3. La strate 4 correspond aux consommations annuelles supérieures à 235 m^3 et inférieures ou égales à 999 m^3. La strate 5 correspond aux consommations annuelles supérieures à 999 m^3.

Les strates ayant été définies par les bornes de consommation, il reste à déterminer le nombre d'usagers à équiper d'un dispositif de télérelève au sein d'une strate, c'est-à-dire à déterminer l'échantillon d'usagers pour chaque strate.

Le nombre d'usagers échantillonnés dans une strate est corrélé à la précision de l'estimateur obtenu. Le nombre d'usagers à échantillonner est

n = P x N, P étant le taux de sondage de la population d'usagers, qui dépend de la précision requise (Fig. 3).

Le nombre d'usagers pour constituer un échantillon dans chaque strate répond à certains critères, tandis que le choix des usagers dans la strate qui seront équipés d'un dispositif de télérelève est aléatoire jusqu'à obtenir le nombre d'usagers de l'échantillon.

Pour la strate 5, correspondant aux "gros consommateurs", qui ont par exemple une consommation annuelle égale ou supérieure à 1000 m^3, tous les usagers de cette strate 5 seront sondés exhaustivement, c'est-à-dire seront tous équipés d'un dispositif de télérelève. En effet, en raison de leur consommation importante et de leur faible effectif égal à 15, inférieur à 1 % de la population des usagers dans l'exemple considéré, il est peu coûteux de tous les équiper d'un dispositif de télérelève, plutôt que de risquer une erreur d'estimation qui pourrait être importante.

En notant N_G le nombre d'usagers appartenant à la strate 5, il reste alors $n' = n - N_G$ usagers à échantillonner.

La répartition des usagers est avantageusement effectuée selon l'allocation de Neyman d'après laquelle la taille n_h d'un échantillon au sein d'une strate h dépend de l'effectif N_h de cette strate, ainsi que de la racine carrée S_h de la dispersion au sein de cette strate :

$$n_h = n' \times \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^{L-1} N_h S_h}$$

Dans cette formule, L est égal au nombre de strates, et L–1 au nombre de strates échantillonnées.

Sur les Fig. 4 et 5, les strates ont été délimitées par des lignes verticales en pointillés dont les abscisses correspondent aux valeurs numériques des bornes données pour les strates dans le tableau de Fig. 3.

Après que les échantillons dans les différentes strates ont été sélectionnés, les branchements des usagers de chaque échantillon sont équipés en dispositifs de télérelève qui permettent d'acquérir des données de consommation réelle sur un pas de temps Δ_t déterminé, notamment un pas de temps de 6 h, auquel cas quatre index de consommation par jour sont acquis pour chaque usager équipé d'un dispositif de télérelève.

Les données acquises comprennent au moins l'index de

consommation et l'heure à laquelle cet index a été relevé. Les données acquises sont brutes et un traitement de ces données est nécessaire selon le processus suivant, assuré par un logiciel installé dans les moyens de traitement du centre G :

a – validation/invalidation des données d'index

Une première phase de prétraitement consiste à filtrer les données acquises pour écarter les données manifestement erronées, et donc invalides. De telles données peuvent être dues à des erreurs d'émission/réception des données d'index.

b – reconstitution des données d'index à heures fixes

Les index restants peuvent avoir été obtenus à des instants différents, par exemple à 6 h 10 alors qu'il est souhaité obtenir l'index de consommation à une heure fixe, par exemple 6 h. Les index de consommation à heures fixes, notamment 00 h, 06 h, 12 h, 18 h sont déterminés, à partir des données acquises, par une méthode d'interpolation, qui peut être linéaire et/ou en fonction du débit entrant. Pour une telle interpolation, on considère qu'entre deux index consécutifs valides, la consommation est soit linéaire (interpolation linéaire), soit proportionnelle au débit entrant (interpolation en fonction du débit entrant).

Estimation de la consommation totale

Après traitement, les données fournies par les dispositifs de télérelève sont prêtes à être utilisées pour l'estimation de la consommation.

Les échantillons ayant été construits à partir d'une population d'usagers découpée en strates, le procédé consiste à calculer un estimateur issu de cette stratification. L'estimateur obtenu est dit « sans biais », c'est-à-dire que la différence en moyenne avec la valeur réelle est quasi nulle. Cependant en fonction de la taille d'échantillon choisie, la précision diffère.

Pour chaque échantillon de chaque strate, on calcule la moyenne des consommations journalières $\overline{y_h}$ que l'on pondère par le poids de la strate, c'est-à-dire par l'effectif N_h de la strate. Pour une strate, le volume journalier estimé est donc égal à $N_h\overline{y}_h$. Le volume journalier total estimé, pour la consommation, est égal :

$$V_{journalier} = \sum_{h=1}^{L} N_h \overline{y}h$$

Vérification du procédé

Pour vérifier les résultats fournis par le procédé, une simulation a été effectuée sur un réseau de distribution existant comportant 1822 usagers qui tous étaient équipés d'un dispositif de télérelève.

Le procédé de l'invention a été appliqué à cette population d'usagers, et les consommations journalières ont été estimées à l'aide de strates et d'échantillons de la population globale. Les consommations journalières ainsi estimées ont été comparées à la consommation réelle qui était connue puisque tous les usagers étaient équipés de dispositifs de télérelève. Le tableau de Fig. 3 résume les conditions dans lesquelles les strates et les échantillons ont été établis. Les bornes des strates ont déjà été commentées.

La colonne « Consommation de la strate » exprimée en m^3 et en % de la consommation totale, sur une année, est composée des nombres suivants :

Strate 0 : - 224 m^3 ; cette valeur négative peut correspondre à des rectifications de consommation pour 4 usagers dans cette strate.

Strate 1 : la consommation totale annuelle est de 22 518 m^3, ce qui représente 9,72 % de la consommation totale sur le réseau pour un nombre de 717 usagers dans cette strate (soit 39,35 % du nombre total d'usagers) ; l'échantillon d'usagers pour cette strate est composé de 134 usagers (18,89 % du nombre total d'usagers de la strate).

Les données concernant les strates 2, 3 et 4 peuvent se lire de la même manière que pour la strate 1.

Concernant la strate 5 des "gros consommateurs", le nombre d'usagers est égal à 15, et comme déjà indiqué, tous les usagers de cette strate sont pris en compte, ce qui correspond à un taux de sondage pour la strate de 100 %.

En additionnant le nombre d'usagers N_h de chaque strate, on obtient 1822 usagers sur le réseau de distribution considéré.

En additionnant les nombres n_h des échantillons d'usagers équipés de dispositifs de télérelève, on obtient 364, ce qui correspond à un taux de sondage global pour la totalité des usagers de 20 %.

Les résultats de la simulation sont présentés sur Fig. 7. Le temps est porté en abscisse et indiqué sous forme de dates et s'étend sur une année. En ordonnée est portée la consommation journalière exprimée en m^3.

La courbe K1 en trait plein correspond à la consommation mesurée à l'aide de toutes les valeurs fournies par les dispositifs de télérelève de tous les

usagers. La courbe K2 en pointillés correspond aux valeurs estimées de la consommation journalière à l'aide des échantillons déterminés selon le procédé de l'invention, avec un nombre réduit de dispositifs de télérelève pris en considération (20 % dans l'exemple considéré).

Il apparaît que la courbe K2 est très proche de la courbe K1, et que la valeur estimée est proche de la valeur réelle.

Les courbes K3 et K4 correspondent aux bornes de l'intervalle de confiance à 95 % de l'estimation.

L'invention permet d'estimer en temps réel, avec une bonne précision, la consommation de fluide d'un réseau sur un pas de temps fin, notamment sur une journée, avec un investissement limité en dispositifs de télérelève.

Le pas de temps de l'estimation de la consommation totale peut être différent de la journée, et pourrait être diminué si nécessaire à 6 h ou même à 1 h.

Un réseau de distribution de fluide, selon l'invention, est équipé d'un nombre réduit de dispositifs de télérelève répartis sur les branchements d'usagers déterminés par les échantillons.

Seuls les branchements d'un nombre limité d'usagers sont équipés de dispositifs de télérelève et la répartition des dispositifs de télérelève est effectuée en tenant compte de la consommation de chaque usager sur une période de plusieurs mois, la probabilité pour qu'un branchement soit équipé étant d'autant plus élevée que la consommation de l'usager relié à ce branchement est plus élevée.

Le nombre de branchements équipés de dispositifs de télérelève influe sur la précision de l'estimateur obtenu. Dans notre cas d'étude, avec un taux d'équipement minimal de 10%, l'erreur d'estimation ne dépasse pas 10% du volume réel.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour estimer en temps réel la consommation totale d'un fluide, notamment eau ou gaz, distribué depuis une unité (A) à des usagers (b1, b2...) par un réseau de conduites (E) d'alimentation avec un branchement (d1, d2...), pour chaque usager, équipé d'un compteur (c1, c2...) du fluide consommé par l'usager, caractérisé en ce que :
- on détermine des strates d'usagers qui contiennent un nombre d'usagers ayant un comportement homogène vis-à-vis de la consommation de fluide,
- on détermine, pour au moins une de ces strates, un échantillon d'usagers de la strate dont le nombre est inférieur au nombre total d'usagers de la strate, mais suffisant statistiquement pour représenter la strate,
- on équipe seulement les branchements des usagers de chaque échantillon avec un dispositif de télérelève (t1, t2,...) de la consommation,
- on équipe aussi de dispositifs de télérelève les branchements des usagers des autres strates qui n'ont pas été échantillonnées,
- et on traite les informations fournies par les dispositifs de télérelève pour obtenir en temps réel une valeur représentative de la consommation totale du réseau.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les strates d'usagers sont déterminées à partir d'une période de consommation de plusieurs mois ou annuelle, et que chaque strate regroupe les usagers dont la consommation sur la période considérée est comprise entre deux limites de consommation prédéterminées.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que tous les branchements d'usagers de la strate supérieure, correspondant aux plus fortes consommations, sont équipés de dispositifs de télérelève, tandis que les autres strates, correspondant à des consommations supérieures à la valeur nulle, sont échantillonnées et seuls les branchements des usagers de l'échantillon de chaque strate sont équipés de dispositifs de télérelève.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le nombre de strates et le nombre d'usagers dans un échantillon sont déterminés, selon la précision souhaitée, par des règles statistiques.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le nombre de strates est égal à six, avec une strate de consommation nulle.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les index de consommation fournis par les dispositifs de télérelève sont recalés à heure fixe par interpolation.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la composition des strates est redressée par une information périodiquement actualisée des consommations des usagers.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on effectue un traitement des données relevées pour éliminer les données aberrantes, reconstituer par interpolation ou extrapolation des données manquantes et déterminer la consommation globale.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en notant n' le nombre total d'usagers de toutes les strates à échantillonner, la taille n_h d'un échantillon au sein d'une strate h est effectuée selon l'allocation de Neyman d'après laquelle la taille n_h dépend de l'effectif N_h de cette strate, ainsi que de la racine carrée S_h de la dispersion au sein de cette strate :

$$n_h = n' \times \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^{L-1} N_h S_h}$$

avec L – 1 égal au nombre de strates échantillonnées.

10. Réseau de distribution de fluide, en particulier d'eau, mettant en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, ce réseau comportant un ensemble de conduites (E) alimentées par une unité (A), et des branchements (d1, d2..) équipés de compteurs (c1, c2…) pour délivrer aux usagers le fluide à consommer, certains de ces branchements étant équipés de dispositifs de télérelève, caractérisé en ce que les dispositifs de télérelève, dont le nombre est inférieur à celui des compteurs, sont répartis en tenant compte de

la consommation de chaque usager, la probabilité pour qu'un branchement soit équipé d'un dispositif de télérelève étant d'autant plus élevée que la consommation de l'usager relié à ce branchement est plus élevée.

11. Réseau de distribution de fluide selon la revendication 10, caractérisé en ce que le nombre de branchements (d1, d2…) équipés de dispositifs de télérelève est inférieur ou égal à 20 %, notamment d'environ 10%, du nombre total de branchements, et la répartition des dispositifs de télérelève est effectuée, selon la consommation de chaque usager échantillonné, de sorte que la consommation totale estimée avec ce nombre limité de dispositifs de télérelève soit fiable à ± 10 % près.

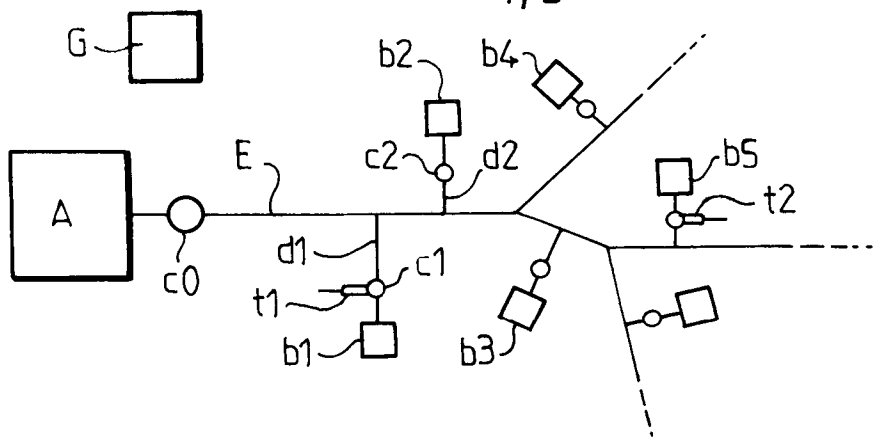


FIG.1

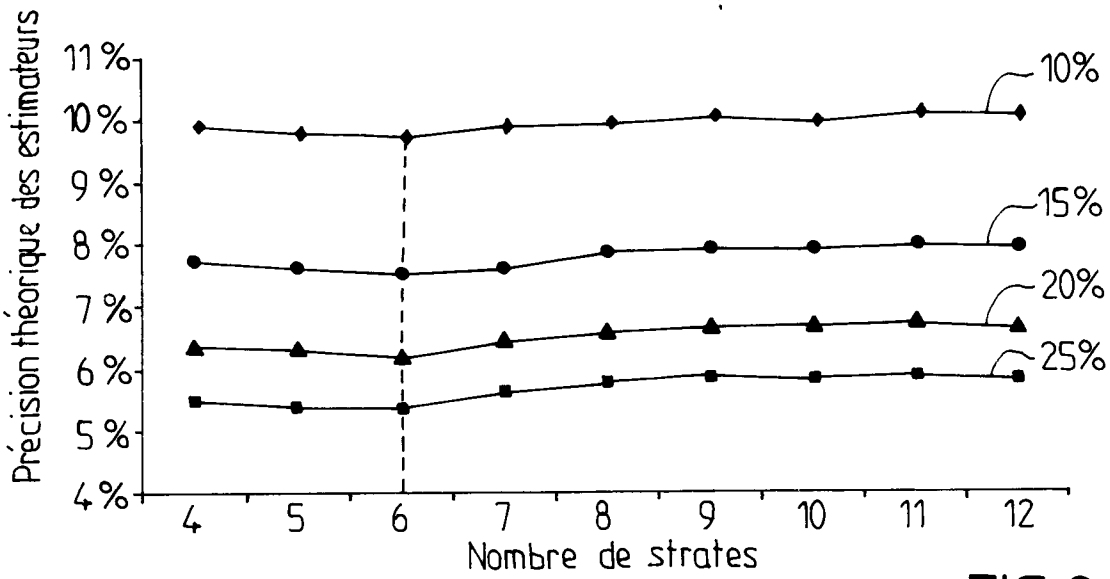


FIG.2

Découpage de la population suivant la consommation annuelle individuelle

strate	Borne (m^3/an)	Consommation de la strate (m^3) (% de la consommation totale)	N_h (%population totale)	n_h (taux de sondage)
0	< 0	- 224	4 (0.22%)	2 (50.00%)
1	]0;75]	22 518 (9.72%)	717 (39.35%)	134 (18.89%)
2	]75;140]	71 785 (31.00%)	682 (37.43%)	88 (12.90%)
3	]140;235]	59 130 (25.53%)	339 (18.61%)	60 (17.70%)
4	]235;999]	25 873 (11.17%)	65 (3.57%)	65 (100%)
5	]999;+∞]	52 277 (22.57%)	15 (0.82%)	15 (100%)

FIG.3

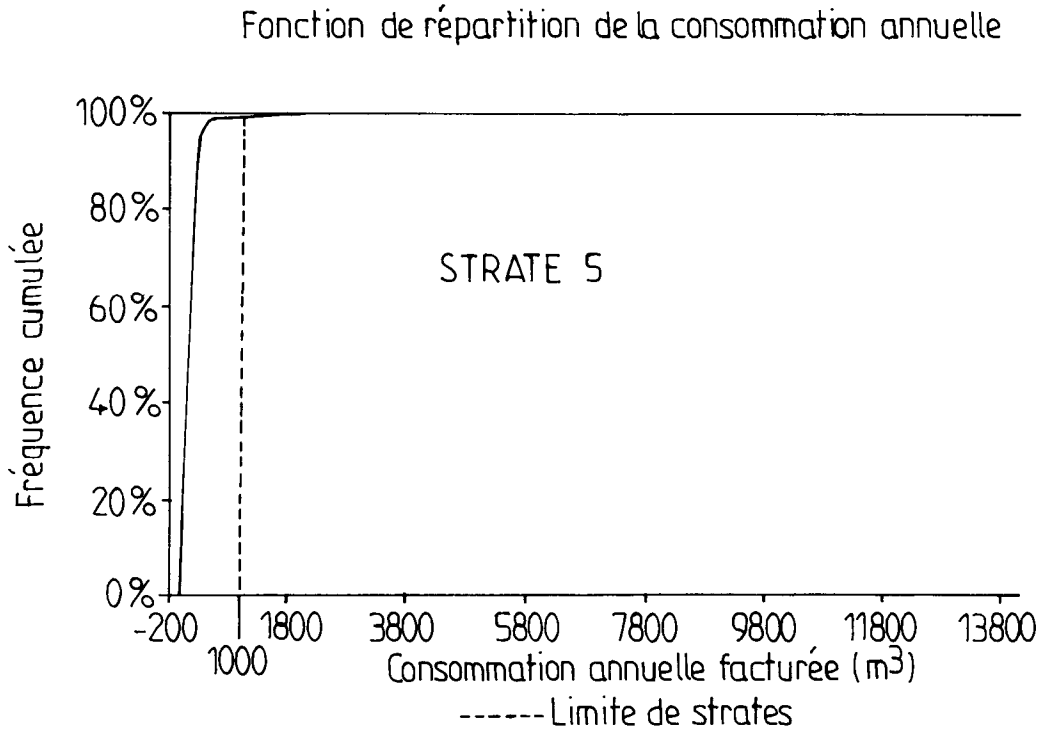

Fonction de répartition de la consommation annuelle
100%
80%
60%
40%
20%
0%
Fréquence cumulée
STRATE 5
-200
1000
1800
3800
5800
7800
9800
11800
13800
Consommation annuelle facturée (m3)
------Limite de strates

FIG.4

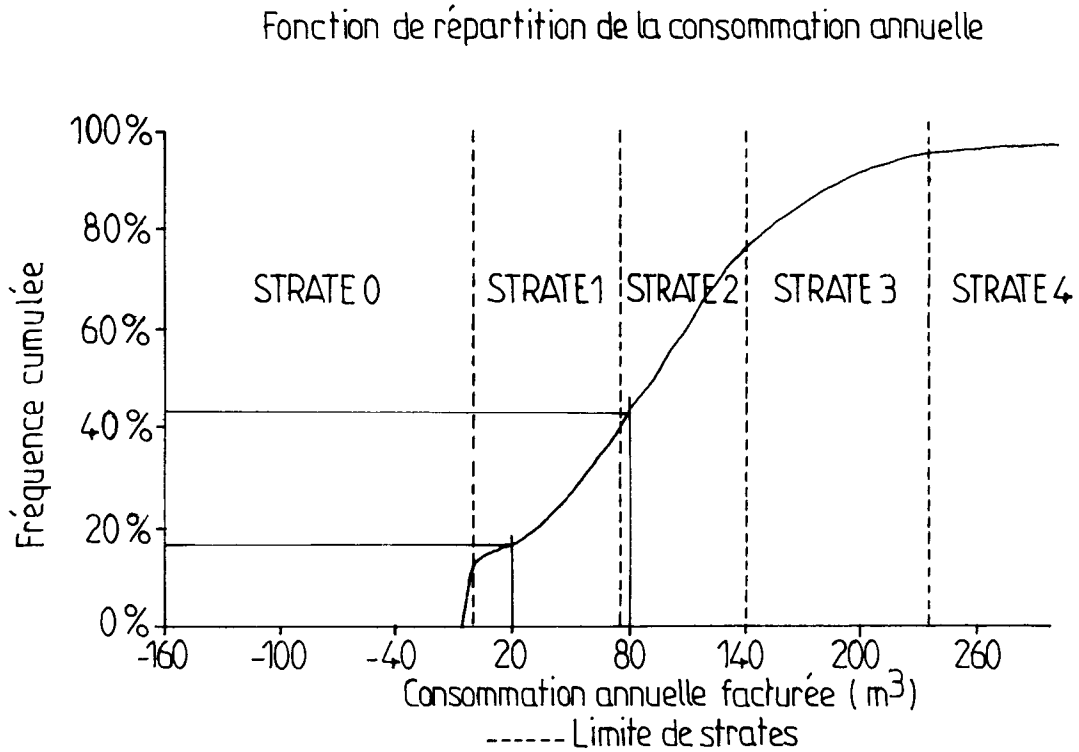

Fonction de répartition de la consommation annuelle
100%
80%
60%
40%
20%
0%
Fréquence cumulée
STRATE 0
STRATE 1
STRATE 2
STRATE 3
STRATE 4
-160
-100
-40
20
80
140
200
260
Consommation annuelle facturée (m3)
------Limite de strates

FIG.5

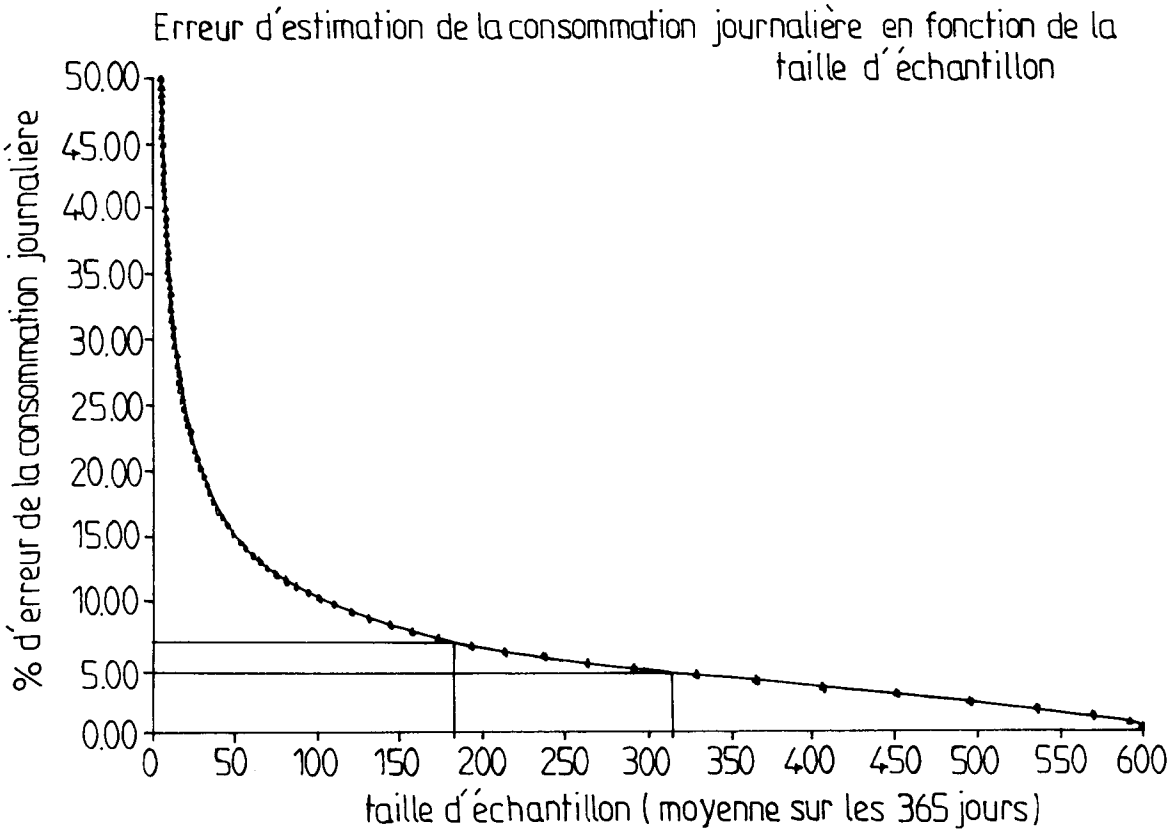

Erreur d'estimation de la consommation journalière en fonction de la taille d'échantillon
% d'erreur de la consommation journalière
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
taille d'échantillon (moyenne sur les 365 jours)

FIG.6

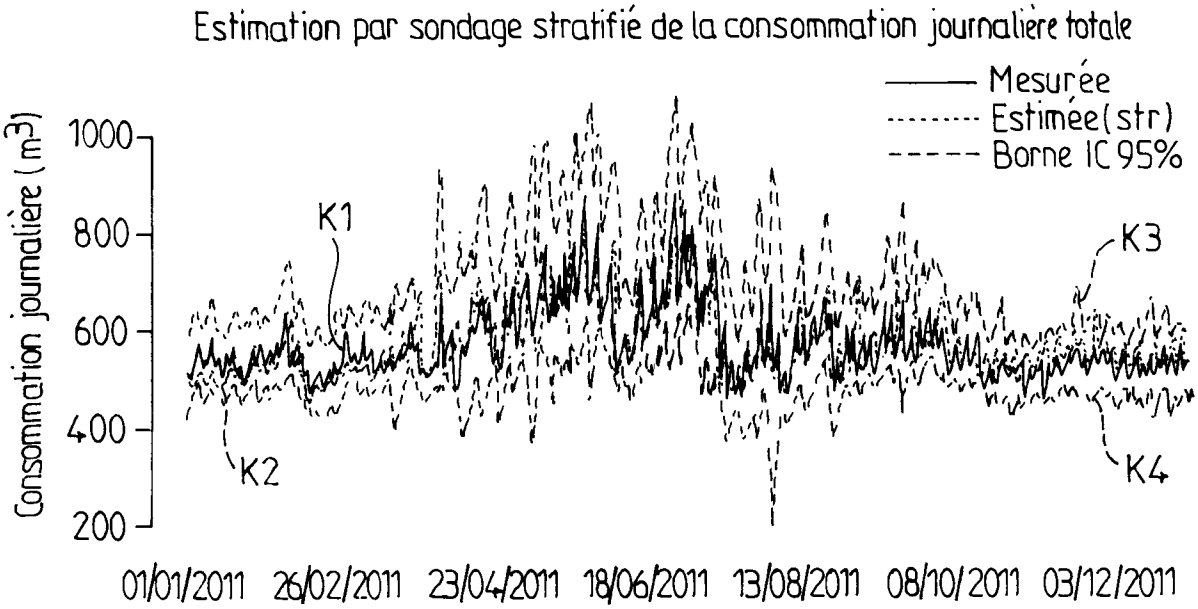

Estimation par sondage stratifié de la consommation journalière totale
Mesurée
Estimée(str)
Borne IC 95%
Consommation journalière (m3)
1000
800
600
400
200
K1
K2
K3
K4
01/01/2011
26/02/2011
23/04/2011
18/06/2011
13/08/2011
08/10/2011
03/12/2011

FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/052355

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06Q10/06 G06Q50/06
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06Q

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 915 755 A1 (SUEZ ENVIRONNEMENT SA [FR] SUEZ ENVIRONNEMENT [FR]) 7 November 2008 (2008-11-07) page 1, line 5 - line 34 -----	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 May 2013	07/06/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Nicoli, Félix

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2012/052355

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2915755 A1	07-11-2008	EP 2145051 A2	20-01-2010
		FR 2915755 A1	07-11-2008
		US 2010141459 A1	10-06-2010
		WO 2008148952 A2	11-12-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2012/052355

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06Q10/06 G06Q50/06
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G06Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 915 755 A1 (SUEZ ENVIRONNEMENT SA [FR] SUEZ ENVIRONNEMENT [FR]) 7 novembre 2008 (2008-11-07) page 1, ligne 5 - ligne 34 -----	1-11

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
30 mai 2013	07/06/2013

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Nicoli, Félix

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2012/052355

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2915755 A1	07-11-2008	EP 2145051 A2	20-01-2010
		FR 2915755 A1	07-11-2008
		US 2010141459 A1	10-06-2010
		WO 2008148952 A2	11-12-2008