

(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  
5 janvier 2006 (05.01.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2006/000663 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
E21B 41/00, 36/00

Reuil-Malmaison (FR). **ODRU, Pierre** [FR/FR]; 7, rue  
Pablo Picasso, F-94120 Fontenay sous Bois (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2005/001198

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; Institut Français du  
Pétrole, 1 et 4, avenue de Bois-Préau, F-92852 Reuil Mal-  
maison Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international : 12 mai 2005 (12.05.2005)

(25) Langue de dépôt : français

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

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0405825 27 mai 2004 (27.05.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **INSTI-  
TUT FRANCAIS DU PETROLE** [FR/FR]; 1 et 4, avenue  
de Bois-Préau, F-92852 Reuil Malmaison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

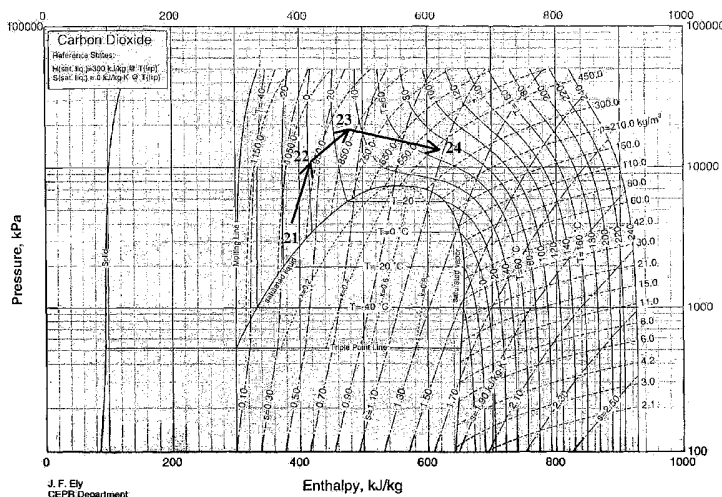
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ROJEY,  
Alexandre** [FR/FR]; 52, rue Alexandre-Dumas, F-92500

(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 INJECTING ACID COMPOUNDS INTO AN UNDERGROUND RESERVOIR

(54) Titre : METHODE POUR INJECTER DES COMPOSES ACIDES DANS UN RESERVOIR SOUTERRAIN



(57) Abstract: The invention relates to a method for injecting a fluid containing acid compounds into an underground reservoir R that can be accessed by a well consisting of parts A, B and C. The fluid is injected in a liquid form at the top of the well T and received in the reservoir R. Said method comprises the following steps: a) a reservoir R is selected at a given depth and the injection pressure of the fluid at the top of the well T is determined in such a way that the fluid enters the reservoir at a higher pressure than the cricondenbar thereof, and b) the thermal insulation conditions of the well and the temperature of injection of the fluid at the top of the well T are determined in such a way that the temperature of the fluid on the wall of the well remains lower than the bubble temperature of the fluid, as long as the pressure of the fluid is lower than the cricondenbar of the fluid.

(57) Abrégé : La méthode propose d'injecter un fluide comportant des composés acides dans un réservoir souterrain R accessible par un puits composé des parties A, B et C. Le fluide est injecté sous forme liquide en tête de puits T et séquestré dans le réservoir R. La méthode comporte les étapes suivantes: a) on sélectionne

[Suite sur la page suivante]



WO 2006/000663 A1



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

un réservoir R à une profondeur donnée et on détermine la pression d'injection du fluide en tête de puits T, de manière à ce que le fluide entre dans le réservoir à une pression supérieure à son cricondenbar, b) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits et la température d'injection du fluide en tête de puits T, de manière à ce que la température du fluide à la paroi du puits reste inférieure à la température de bulle du fluide, tant que la pression du fluide est inférieure au cricondenbar du fluide.

## METHODE POUR INJECTER DES COMPOSES ACIDES DANS UN RESERVOIR SOUTERRAIN

La présente invention concerne l'injection de composés acides,  
5 notamment le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dans  
un réservoir souterrain.

La combustion des ressources fossiles de pétrole, gaz naturel, ou  
charbon, produit en contrepartie du dioxyde de carbone, qui s'accumule ensuite  
dans l'atmosphère. Or, le dioxyde de carbone est le principal des gaz dits à  
10 « effet de serre ». Il empêche le rayonnement infrarouge solaire de repartir vers  
l'espace, contribuant ainsi à réchauffer la surface de la terre dans des  
proportions qui pourraient s'avérer bien plus importantes que tout ce qui a été  
observé jusqu'à présent au cours des temps géologiques.

Comme il ne semble pas possible dans un avenir prévisible de se passer  
15 des combustibles fossiles pour l'approvisionnement des économies, un grand  
nombre d'actions sont envisagées ou engagées pour essayer de diminuer les  
quantités de  $\text{CO}_2$  libérées dans l'atmosphère ou d'en diminuer les effets. Parmi  
ces actions, la séquestration du  $\text{CO}_2$  dans des couches géologiques adéquates  
(anciens gisements pétroliers ou gaziers, aquifères salins étanches, mines de  
20 charbon...) est largement envisagée. Le  $\text{CO}_2$  pourrait être capturé dans les  
rejets des unités industrielles grosses consommatrices et émettrices telles que  
les centrales thermiques ou les raffineries d'hydrocarbure, ou dans les rejets  
d'unités de fabrication d'hydrogène à partir de gaz naturel ou de pétrole, qui  
produiraient un effluent concentré en  $\text{CO}_2$ .

25 Il est également potentiellement intéressant d'injecter dans le sous-sol,  
l'ensemble des composés acides, tels que le  $\text{CO}_2$  et l' $\text{H}_2\text{S}$ , provenant d'une unité  
de traitement de gaz naturel. Ceci permet d'éviter de transformer l' $\text{H}_2\text{S}$  produit  
en soufre, cette transformation nécessitant des unités de conversion coûteuses  
et produisant du soufre, pour lequel les débouchés actuels sont limités.

Entre le site de capture et le site d'injection à fin de séquestration, le CO<sub>2</sub> peut être transporté sous forme gazeuse, par exemple supercritique, sous forme liquide, ou sous forme solide. Le document FR 2 844 028 propose de transporter ce dioxyde de carbone sous forme liquide réfrigérée. L'intérêt d'un tel mode de transport est de permettre des pressions de service moins élevées mais aussi d'avoir un liquide de densité plus élevée, permettant ainsi une capacité de transport plus élevée pour une section de conduite donnée. Enfin, un tel transport en phase liquide permet de réduire la puissance de recompression nécessaire pour compenser les pertes de charge.

10

La présente invention propose une méthode pour injecter des composés acides sous forme liquide dans un réservoir souterrain qui est accessible par un puits.

15

Un obstacle est le risque de réchauffement des composés acides en phase liquide par échange de chaleur avec les terrains environnants le puits, la température de ces terrains étant sensiblement plus élevée que la température des composés acides. La formation d'une phase gazeuse dans le puits peut être préjudiciable à de nombreux titres : remontée d'effluents gazeux dans le puits du fait de la différence de densité entre les phases gazeuse et liquide, présence d'un système diphasique impropre à un éventuel pompage, etc.

20

Ce problème de changement de phase apparaît, d'une part, dans le puits d'injection et, d'autre part, en fond de puits au droit de la zone d'injection dans le réservoir.

25

La température des terrains environnants le puits augmente avec le gradient géothermique terrestre qui est habituellement de 3°C par centaine de mètres et qui peut être dans certains cas plus élevé. Le réchauffement risque

de provoquer un changement de phase des composés acides circulant dans le puits.

Si du CO<sub>2</sub> liquide se retrouve en présence du milieu poreux, à une température inférieure à la température critique des composés acides, c'est à dire 31°C pour le CO<sub>2</sub>, et à une pression inférieure à la pression critique, soit 70 bars environ pour le CO<sub>2</sub>, il va se former un mélange diphasique et une phase vapeur peut remonter dans le puits. De la même façon, si en cours d'injection, la température en un point de la veine fluide de CO<sub>2</sub> dépasse la température d'ébullition, une phase vapeur peut remonter dans le puits.

10

Par ailleurs, un autre risque concerne la possibilité d'un refroidissement local du milieu poreux constituant le réservoir souterrain, entraînant le risque de formation d'une phase solide de glace ou d'hydrates. Cette phase solide de glace ou d'hydrates limiterait ou empêcherait la diffusion des composés acides dans le réservoir.

15

La présente invention propose d'injecter des composés acides en phase liquide en évitant les problèmes mentionnés précédemment. L'injection est réalisée de sorte que les composés acides passent progressivement d'un état de phase liquide à un état de phase dense, puis à un état supercritique.

20

La présente invention concerne une méthode d'injection d'un fluide comportant des composés acides dans un réservoir souterrain accessible par un puits, le fluide étant injecté sous forme liquide en tête de puits et séquestré dans le réservoir, dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

25

- a) on sélectionne un réservoir à une profondeur donnée et on détermine la pression d'injection du fluide en tête de puits, de manière à ce que le fluide entre dans le réservoir à une pression supérieure au cricondenbar du fluide,

b) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits et la température d'injection du fluide en tête de puits de manière à ce que, lors de la circulation du fluide dans le puits, la température du fluide à la paroi du puits reste inférieure à la température de bulle du fluide, tant que la  
5 pression du fluide est inférieure au cricondenbar du fluide.

Selon l'invention, on peut notamment prendre en compte la densité du fluide, la température des terrains environnants le puits, l'isolation thermique du puits, et le débit du fluide injecté.

10 A l'étape b), on peut déterminer les conditions d'isolation en déterminant au moins une longueur de puits thermiquement isolée et en choisissant un matériau d'isolation thermique.

De plus, selon l'invention, on peut effectuer l'étape : c) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits de manière à ce que le fluide entre  
15 dans le réservoir à une température supérieure à 10°C.

On peut également effectuer l'étape : d) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits de manière à ce que le fluide entre dans le réservoir à une température inférieure à 60°C.

En cas d'arrêt de l'injection, on peut fermer le volume intérieur du  
20 puits. En cas d'arrêt de l'injection, on peut également recueillir en tête de puits la vapeur de fluide formée dans le puits, puis on peut condenser par refroidissement la vapeur et, enfin, on peut réinjecter, dans le puits, la vapeur condensée.

Selon l'invention, les composés acides peuvent être du CO<sub>2</sub> et/ou de  
25 l'H<sub>2</sub>S. Le réservoir souterrain peut être un gisement pétrolier ou gazier, un aquifère salin étanche, ou une mine de charbon.

L'injection en phase liquide de gaz acides permet en principe de réduire la pression en tête de puits, du fait de la présence d'une hauteur de colonne

liquide de densité élevée de l'ordre de celle de l'eau. Ceci permet de réduire la taille et la puissance des installations de compression, qui pénalisent le développement de l'injection de gaz acides dans des réservoirs souterrains.

- 5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après en se référant aux dessins parmi lesquels :
- la figure 1 schématise une installation d'injection d'un liquide dans un réservoir souterrain,
  - 10 - la figure 2 représente le diagramme d'équilibre thermodynamique du CO<sub>2</sub> pur.

Sur la figure 1, le fluide à injecter arrive par le conduit 1. Le fluide peut être gazeux ou liquide.

- 15 Le fluide peut consister en un mélange comportant du CO<sub>2</sub> et/ou de l'H<sub>2</sub>S, provenant par exemple du traitement d'un gaz naturel. Le fluide peut également être du CO<sub>2</sub> obtenu par un procédé de décarbonatation de fumées de combustion, ou pour tout autre procédé.

20 Le fluide peut avoir été transporté dans des conteneurs, par exemple par bateaux. Par exemple, le fluide est du CO<sub>2</sub> contenu dans des réservoirs sous pression supérieure à 10 bars et à basse température inférieure à -10°C.

Le fluide peut avoir été transporté dans des conduites, par exemple sous forme réfrigérée telle que divulguée par le document FR 2 844 028.

- 25 Le fluide arrivant par le conduit 1 peut être introduit dans l'échangeur de chaleur E1 afin d'adapter la température du fluide avant l'injection. Le fluide peut être refroidi ou chauffé dans E1, en fonction notamment des conditions d'injection du fluide dans le puits. Dans le cas où le fluide arrive sous forme gazeuse par le conduit 1, grâce au refroidissement effectué par E1,

ce gaz peut être liquéfié. Le fluide sort sous forme liquide de l'échangeur E1 par le conduit 2.

Le fluide sous forme liquide circulant dans le conduit 2 est pompé par la pompe P1. Par exemple, la pompe P1 augmente la pression du fluide jusqu'à une pression comprise entre 2 bars et 50 bars. Le fluide sous pression est évacué par le conduit 3, puis injecté dans un puits au niveau de la tête de puits T.

Le puits, composé des trois parties A, B et C, comporte un tubage 3, ou bien autrement dit un tube ou conduit d'injection 3, qui relie la tête de puits T jusqu'au réservoir R. Le tubage 3 est maintenu par un revêtement cimenté 4 qui constitue l'extérieur du puits. La partie C du puits communique directement avec le réservoir R, par exemple au moyen de perforations pratiquées dans le tubage 3. Le fluide injecté au niveau de la tête de puits T circule dans le tubage 3 jusque dans le réservoir R.

La partie A du puits s'étend sur une longueur L1. Sur la partie A, la paroi du puits comporte un isolant thermique qui limite les échanges thermiques entre le fluide circulant dans le tubage 3 et les terrains environnants le puits.

Par exemple l'isolation de la partie A du puits peut consister à disposer un espace annulaire 5 entre le tube 3 et le revêtement cimenté 4. Cet espace annulaire réalise une isolation thermique. Pour améliorer l'isolation, l'espace annulaire 5 peut être rempli de gaz thermiquement isolant tel que de l'air ou du dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone est en effet peu conducteur de chaleur et meilleur isolant thermique que l'air. Par exemple, l'espace annulaire 5 est rempli de dioxyde de carbone, sous faible pression. C'est une solution qui présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre. Il est également possible de remplir l'espace annulaire 5 avec de l'argon qui est

également un gaz inerte, très faiblement conducteur de la chaleur. Pour limiter les effets de la convection naturelle qui s'établit en raison des variations de température, on peut remplir l'espace annulaire avec des éléments de garnissage qui limite les mouvements du gaz dans cet espace annulaire 5. Par exemple, on peut utiliser des éléments de garnissage tels que des appuis en matériaux polymères qui évitent les ponts thermiques. En présence de vapeur d'eau, le dioxyde de carbone devient toutefois corrosif. Pour éviter la corrosion du tubage 3, on peut disposer un revêtement anti-corrosif sur la surface extérieure du tubage 3.

10 Une autre manière d'isoler le tubage 3 consiste à disposer un revêtement thermiquement isolant sur la surface extérieure du tubage 3. En outre ce revêtement thermiquement isolant peut avoir également des propriétés anti-corrosion. Par exemple le revêtement peut être en trois couches classiques avec une mousse de polypropylène syntactique.

15 La partie B du puits s'étend sur une longueur L2. Sur la partie B, le puits peut ne pas être thermiquement isolé. Les échanges thermiques entre le fluide circulant dans le tube 3 et les terrains environnants le puits ont lieu à travers le tube 3 et le revêtement cimenté 4.

De manière générale, le puits peut être thermiquement isolé sur une partie de sa longueur ou sur plusieurs portions de sa longueur, les différentes portions étant réparties sur une partie ou sur toute la longueur du puits. Les caractéristiques de l'isolation thermique, c'est à dire le type d'isolation, les matériaux d'isolation, l'épaisseur de l'isolation, peuvent varier d'une portion à l'autre, et peuvent également varier le long d'une portion de la longueur du puits thermiquement isolée.

20

25

Selon l'invention, la pression du fluide entrant dans le réservoir souterrain, c'est à dire la pression du fluide dans la partie C du puits, est au moins égale au cricondenbar ou à la pression critique, du fluide injecté. Ainsi,

au niveau de l'introduction du fluide dans le réservoir, tout risque de vaporisation, c'est à dire de coexistence de deux phases liquide et vapeur est écarté.

Par exemple dans le cas de l'injection de CO<sub>2</sub> pur, la pression du CO<sub>2</sub> entrant dans le réservoir R doit être supérieure à environ 8 MPa. En tenant  
5 compte de la variation de pression hydrostatique du CO<sub>2</sub> liquide, si le CO<sub>2</sub> est introduit en tête du puits sous forme liquide à la pression atmosphérique, la partie C du puits, c'est à dire le réservoir R doit être situé à une profondeur d'au moins 800 mètres.

10 Dans les mêmes conditions, pour injecter de l'H<sub>2</sub>S, la pression de l'H<sub>2</sub>S à l'entrée du réservoir doit être supérieure à environ 9 MPa, ce qui correspond à une profondeur d'au moins 900 mètres.

Pour un réservoir R situé à une profondeur donnée, la pression du fluide dans la partie C dépend, d'une part, de la pression d'injection du fluide  
15 au niveau de la tête de puits T et, d'autre part, de la pression engendrée par la colonne de fluide située dans les parties A et B du puits. Pour que la pression du fluide entrant dans le réservoir souterrain, soit au moins égale au cricondenbar du fluide injecté, on sélectionne un réservoir à une profondeur donnée et on ajuste la pression du fluide injecté par la pompe P1. On  
20 sélectionne le réservoir et on détermine la pression du fluide injecté au niveau de la tête de puits en tenant compte notamment de la densité du fluide injecté.

De plus, selon l'invention, il est nécessaire de prévenir de la formation de phase vapeur par élévation de température au cours de la descente du  
25 fluide dans les parties A et B du puits. Ceci peut se produire dans la partie supérieure du puits où la pression est inférieure au cricondenbar ou à la pression critique, du fluide injecté. En effet, si le réchauffement du fluide, notamment par échange de chaleur avec le milieu environnant le puits est suffisant, une partie du fluide peut être vaporisée.

Pour éviter cette vaporisation, le tubage 3 du puits est thermiquement isolé sur la longueur L1, de manière à ce que la température à la paroi reste inférieure à la température de saturation dans le cas d'un corps pur ou à la température de bulle dans le cas d'un mélange, à la pression du point  
5 considéré.

Ainsi, pour éviter la vaporisation du fluide injecté, on refroidit dans E1 le fluide injecté et on prévoit une isolation thermique de la paroi du puits, de manière à ce que, dans le puits, la température du fluide injecté reste inférieure à la température de bulle du fluide à la pression du fluide au point  
10 considéré. De préférence, on refroidit dans E1 le fluide injecté de manière à ce que, dans le puits, la température du fluide injecté reste inférieure à la température de bulle du fluide à la pression du fluide, diminuée de 5 bars ou 10 bars, au point considéré. On détermine la température du fluide au niveau de la tête de puits et les conditions d'isolation du puits, en tenant compte  
15 notamment de la température de saturation ou de bulle du fluide injecté, de la température de la formation, c'est à dire du terrain environnant le puits, et du débit du fluide injecté. Plus précisément, déterminer les conditions d'isolation thermique du puits signifie que l'on détermine la longueur ou les portions de longueurs du puits qui sont thermiquement isolées et on détermine les  
20 caractéristiques (type d'isolation, matériau isolant, épaisseur...) de l'isolation thermique.

La température du fluide en tête de puits et les conditions d'isolation du puits peuvent être déterminées simultanément, la température du fluide en tête du puits pouvant servir de paramètre pour déterminer les conditions  
25 d'isolation et vice versa.

Le rôle de l'isolation thermique du puits est particulièrement important dans les régions chaudes, notamment au Moyen-Orient, où les couches supérieures du sous-sol peuvent être à une température relativement élevée, par exemple de l'ordre de 50°C.

Selon l'invention, il est préférable que la température d'injection dans le réservoir R, c'est à dire la température du fluide dans la partie C du puits, soit au moins égale à 10°C, de préférence supérieure à 20°C. Ainsi, on évite  
5 tout risque de formation de glace ou d'hydrates, qui pourraient colmater les pores du réservoir R et empêcher l'injection du fluide dans ce réservoir.

Par ailleurs, l'injection du fluide dans le réservoir R à une température supérieure à 10°C, de préférence 20°C, présente l'avantage que la viscosité du fluide est relativement faible. Ainsi, l'introduction et la diffusion du fluide  
10 dans le réservoir R sont plus aisées.

On peut déterminer les conditions d'isolation thermique du puits de manière à ce que la température du fluide en fond de puits soit supérieure à 10°C, de préférence supérieure à 20°C. On peut déterminer ces conditions d'isolation thermique en tenant compte notamment des échanges de chaleur  
15 entre le fluide et le terrain environnant le puits, et du débit du fluide.

Cependant, au-delà de 60°C, la densité du dioxyde de carbone liquide décroît fortement et provoque une diminution du poids de la colonne de fluide malgré l'augmentation de pression. Si le poids de la colonne hydrostatique devient insuffisant, il risque d'apparaître des phénomènes de refoulement de  
20 fluide au niveau du réservoir. Donc, de préférence, dans le puits, la température du fluide injecté reste inférieure à 60°C.

On peut déterminer les conditions d'isolation du puits de manière à ce que la température du fluide en circulation dans le puits soit inférieure à 60°C. On peut déterminer les conditions d'isolation en tenant compte notamment des  
25 échanges de chaleur entre le fluide et le terrain environnant le puits, et du débit du fluide.

La figure 2 représente les conditions thermodynamiques auxquelles est soumis un fluide constitué de CO<sub>2</sub> lors de l'injection dans un réservoir, selon

l'invention. Le CO<sub>2</sub> est injecté dans conditions figurées par le point 21, c'est à dire à 40 bars et -10°C. Il circule dans la partie A du puits jusqu'à une profondeur de 800 mètres en atteignant les conditions représentées par le point 22, c'est à dire 110 bars et 0°C. Ensuite, le fluide circule dans la partie B du puits jusqu'à atteindre le réservoir R situé à la profondeur de 1500 m, à 180 bars et 30°C, conditions représentées par le point 23 du diagramme. Dans le milieu poreux R, la température et la pression du fluide rejoignent progressivement les conditions du réservoir, c'est à dire 150 bars et 70°C représentées par le point 24.

10 Dans les conditions thermodynamiques illustrées par la figure 2, on observe que la veine fluide est maintenue dans un état monophasique sur toute la hauteur du puits, en passant d'un état liquide à un état supercritique, permettant d'éviter toute remontée de phase vapeur.

15 Il est également possible de régler les problèmes liés au démarrage et à l'arrêt de l'injection. En période de démarrage, il faut pouvoir atteindre en tête de puits une pression qui est beaucoup plus élevée que lorsque le puits est rempli d'un fluide en phase liquide et dense. Le dispositif d'injection peut donc être équipé d'une pompe d'injection permettant d'injecter à une pression plus élevée, mais dont le débit peut être beaucoup plus faible que le débit en régime permanent.

Ainsi, en référence au schéma de la figure 1, au cours de la phase de démarrage, le liquide peut être pompé par le conduit 10 à l'aide de la pompe P2 et il est ensuite injecté par le conduit 11, à une pression compatible avec la pression en tête de puits au cours de la phase de démarrage. La pompe P2 permet d'injecter à une pression plus élevée que la pompe P1, mais le débit de la pompe P2 peut être beaucoup plus faible que le débit de la pompe P1.

25 Par ailleurs à l'arrêt, ou lorsque le débit de fluide injecté devient très faible, l'isolation thermique peut devenir insuffisante pour empêcher une

vaporisation partielle du liquide injecté. On peut dans ce cas prévoir deux options. Une première option, en cas d'arrêt prolongé, consiste à actionner une vanne de fermeture en tête de puits. On laisse dans ce cas la pression remonter en tête de puits. L'augmentation de pression permet de maintenir le fluide en  
5 phase monophasique dense ou supercritique malgré l'élévation de température. Une deuxième option, en cas d'arrêt de courte durée, consiste, pour maintenir les conditions en tête de puits, à recueillir la phase vapeur, à la refroidir pour la liquéfier et à la recycler vers la tête de puits au moyen de la pompe d'injection.

10 A l'arrêt, deux procédures différentes peuvent être considérées. En référence au schéma de la figure 1, une première procédure, en cas d'arrêt prolongé, consiste à fermer la vanne V1. Dans ce cas, on laisse la température remonter au sein de la veine fluide contenue dans le tubage 3. Ainsi, la vaporisation d'une partie du fluide provoque une augmentation de pression  
15 dans le volume clos du tubage 3. Le redémarrage implique d'utiliser la pompe P2 qui permet d'atteindre des niveaux de pression plus élevés que la pompe P1.

Une deuxième procédure consiste au cours de la phase d'arrêt, à recueillir la vapeur formée par le conduit 12, à la condenser en la refroidissant  
20 par la machine à froid MF et à la recycler vers la pompe P1 par le conduit 13. Le fluide pompé par la pompe P1 est injecté dans le puits.

L'invention est illustrée par l'exemple numérique présenté ci-après.

On souhaite injecter un million de tonnes par an de dioxyde de carbone  
25 pur dans un réservoir R situé à une profondeur de 2000 mètres. Le puits qui permet d'accéder au réservoir a un diamètre intérieur d'environ 20 cm. Le dioxyde de carbone est injecté en tête de puits T sous forme liquide à environ -25°C et sous une pression de l'ordre de 30 bars. La température moyenne de

la formation sur les 800 premiers mètres de la partie A du puits est de l'ordre de 60°C.

Si la partie A du puits n'est pas thermiquement isolée, les échanges thermiques entre le fluide et les terrains environnant le puits risque de  
5 provoquer une vaporisation du fluide à une profondeur de 100 mètres.

Si la partie A du puits est munie d'un revêtement présentant une faible conductivité thermique de l'ordre de 0,5W/m°K (par exemple une mousse syntactique en polypropylène), l'augmentation de température à la profondeur de 800 mètres est inférieure à 10°C. Par conséquent, le risque de vaporisation  
10 du CO<sub>2</sub> n'existe pas compte tenu de l'augmentation de pression liée à la colonne hydrostatique de CO<sub>2</sub>.

## REVENDEICATIONS

- 5           1) Méthode d'injection d'un fluide comportant des composés acides dans un réservoir souterrain (R) accessible par un puits (A,B,C), le fluide étant injecté sous forme liquide en tête de puits (T) et séquestré dans le réservoir (R), dans laquelle on effectue les étapes suivantes :
- 10           a) on sélectionne un réservoir (R) à une profondeur donnée et on détermine la pression d'injection du fluide en tête de puits (T), de manière à ce que le fluide entre dans le réservoir (R) à une pression supérieure au cricondenbar du fluide,
- 15           b) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits (A,B,C) et la température d'injection du fluide en tête de puits (T) de manière à ce que la température du fluide à la paroi du puits reste inférieure à la température de bulle du fluide, tant que la pression du fluide est inférieure au cricondenbar du fluide.
- 20           2) Méthode selon la revendication 1, dans laquelle on prend en compte la densité du fluide, la température des terrains environnants le puits, l'isolation thermique du puits et le débit du fluide injecté.
- 25           3) Méthode selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle, à l'étape b), on détermine les conditions d'isolation en déterminant au moins une longueur de puits thermiquement isolée et en choisissant un matériau d'isolation thermique.
- 4) Méthode selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle on effectue l'étape : c) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits de

manière à ce que le fluide entre dans le réservoir (R) à une température supérieure à 10°C.

5) Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle on effectue  
5 l'étape : d) on détermine les conditions d'isolation thermique du puits de manière à ce que le fluide entre dans le réservoir (R) à une température inférieure à 60°C.

6) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle, en  
10 cas d'arrêt de l'injection du fluide, on ferme le volume intérieur du puits.

7) Méthode selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle, en cas  
d'arrêt de l'injection du fluide, on recueille en tête de puits la vapeur de fluide formée dans le puits, on condense par refroidissement la vapeur et on réinjecte  
15 le condensat dans le puits.

8) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le fluide comporte au moins l'un des composés acides suivants : CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S.

20 9) Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le réservoir souterrain (R) est choisi parmi les réservoirs suivants : un gisement pétrolier ou gazier, un aquifère salin étanche, et une mine de charbon.

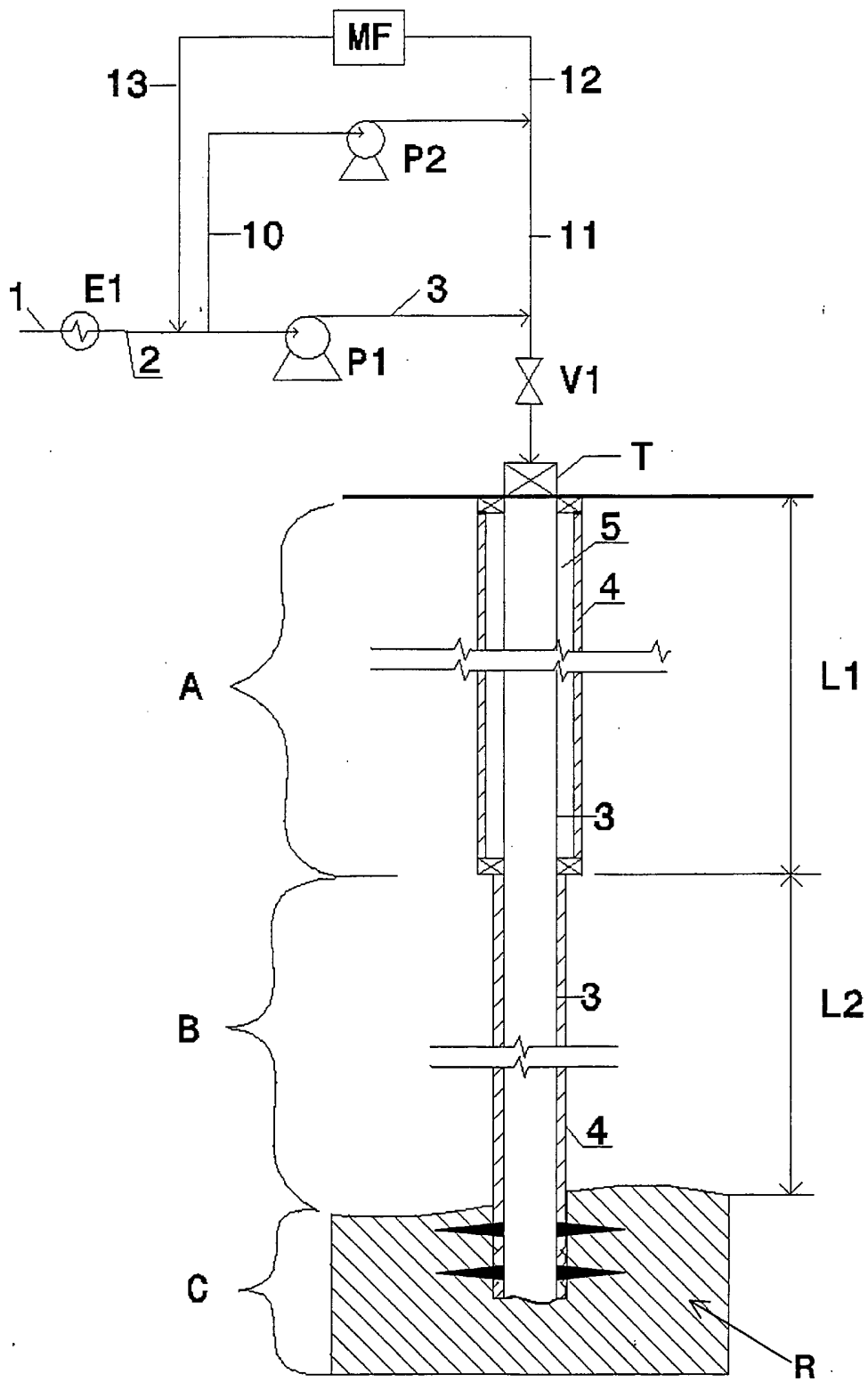
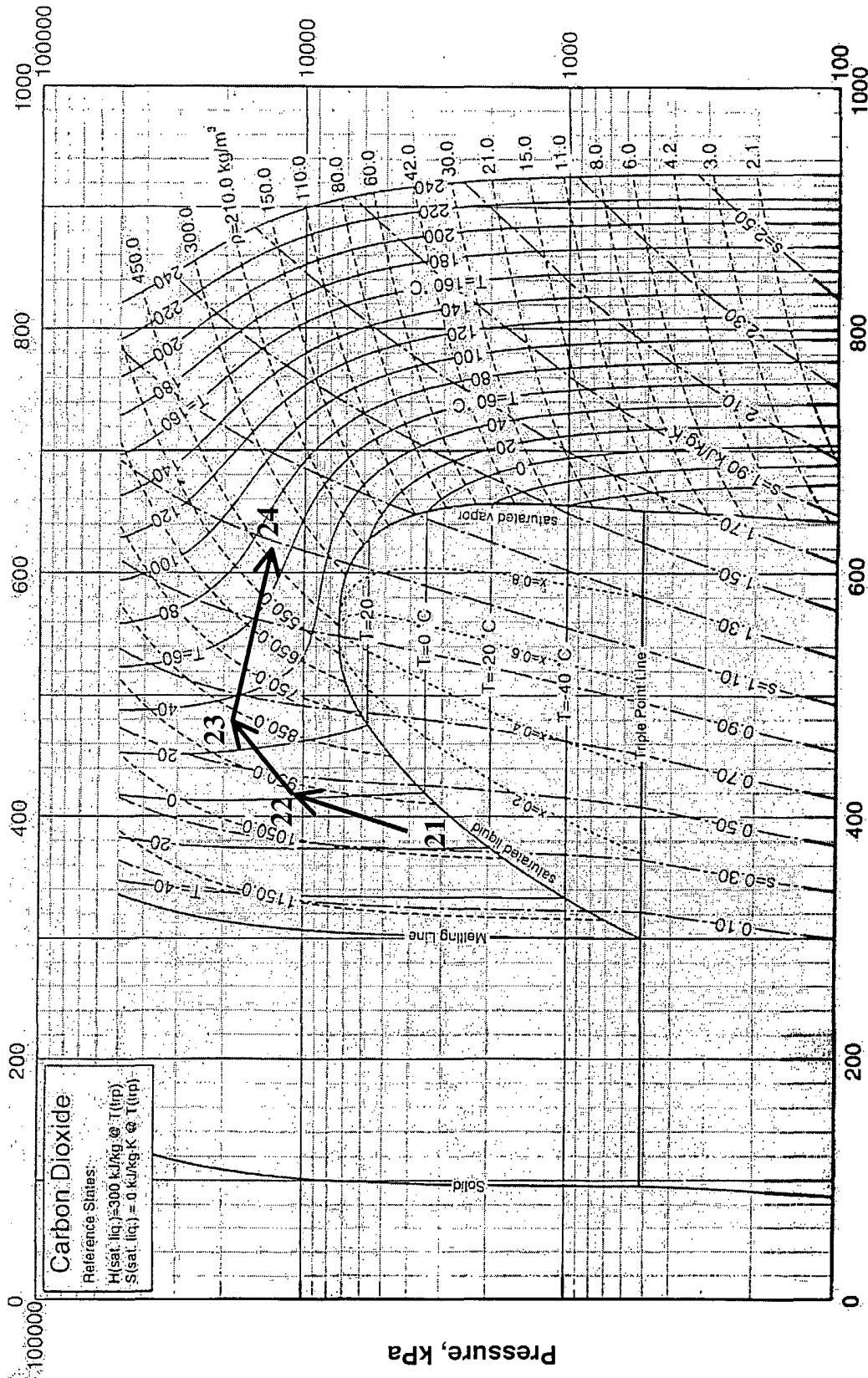


FIG.1



J. F. Ely  
CEPR Department

FIG.2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2005/001198

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
E21B41/00 E21B36/00

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)  
E21B B01D

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 practical, search terms used)  
EPO-Internal, TULSA

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CARROLL J; MADDOCKS J: "Design considerations for acid gas injection" 1999 LAURENCE REID GAS CONDITIONING CONFERENCE, NORMAN, OKLAHOMA, 'Online! 1999, pages 1-26, XP002312121 Retrieved from the Internet: URL: <a href="http://www.gasliquids.com/papers/lrgcc99.pdf">http://www.gasliquids.com/papers/lrgcc99.pdf</a> <retrieved on 2004-12-28! Gas Liquids Engineering Ltd. page 1, paragraphs 1,2 page 9, paragraphs 5,6 page 11, paragraphs 1,2; figures 3,5	1-9
Y	US 4 374 545 A (BULLEN RONALD S ET AL) 22 February 1983 (1983-02-22) column 5, line 46 - column 6, line 2 column 7, line 44 - line 50 ----- -/--	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.       Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>*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</p> <p>*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</p> <p>*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.</p> <p>* &amp; * document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  <b>24 November 2005</b>	Date of mailing of the international search report  <b>01/12/2005</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <b>Bellingacci, F</b>
--	---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2005/001198

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 283 215 B1 (ARGILLIER JEAN-FRANCOIS ET AL) 4 September 2001 (2001-09-04) abstract -----	1-9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
 Information on patent family members

International Application No  
 PCT/FR2005/001198

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4374545	A	22-02-1983	AU 550576 B2	27-03-1986
			AU 8789382 A	14-04-1983
			CA 1134258 A1	26-10-1982
			DE 3235845 A1	14-04-1983
			GB 2112835 A	27-07-1983
			NL 8203477 A	18-04-1983
-----				
US 6283215	B1	04-09-2001	CA 2274629 A1	11-12-1999
			FR 2779801 A1	17-12-1999
			GB 2338532 A	22-12-1999
			NO 992822 A	13-12-1999
-----				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2005/001198

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> E21B41/00 E21B36/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) E21B B01D		
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 réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, TULSA		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	CARROLL J; MADDOCKS J: "Design considerations for acid gas injection" 1999 LAURENCE REID GAS CONDITIONING CONFERENCE, NORMAN, OKLAHOMA, 'Online! 1999, pages 1-26, XP002312121 Extrait de l'Internet: URL:http://www.gasliquids.com/papers/lrgcc99.pdf> 'extrait le 2004-12-28! Gas Liquids Engineering Ltd. page 1, alinéas 1,2 page 9, alinéas 5,6 page 11, alinéas 1,2; figures 3,5	1-9
Y	US 4 374 545 A (BULLEN RONALD S ET AL) 22 février 1983 (1983-02-22) colonne 5, ligne 46 - colonne 6, ligne 2 colonne 7, ligne 44 - ligne 50 ----- -/--	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</li> <li>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</li> <li>*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)</li> <li>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</li> <li>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</li> <li>*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</li> <li>*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</li> <li>*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</li> <li>*&amp;* document qui fait partie de la même famille de brevets</li> </ul>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 novembre 2005		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 01/12/2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Bellingacci, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR2005/001198

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 283 215 B1 (ARGILLIER JEAN-FRANCOIS ET AL) 4 septembre 2001 (2001-09-04) abrégé -----	1-9

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2005/001198

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 4374545	A	22-02-1983	AU	550576 B2	27-03-1986
			AU	8789382 A	14-04-1983
			CA	1134258 A1	26-10-1982
			DE	3235845 A1	14-04-1983
			GB	2112835 A	27-07-1983
			NL	8203477 A	18-04-1983
-----					
US 6283215	B1	04-09-2001	CA	2274629 A1	11-12-1999
			FR	2779801 A1	17-12-1999
			GB	2338532 A	22-12-1999
			NO	992822 A	13-12-1999
-----					