

(19)



(11)

EP 2 264 355 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

22.12.2010 Bulletin 2010/51

(51) Int Cl.:

F17D 5/02 (2006.01)(21) Numéro de dépôt: **10290316.8**(22) Date de dépôt: **11.06.2010**

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA ME RS(30) Priorité: **16.06.2009 FR 0902927**

(71) Demandeurs:

- **IFP Energies nouvelles**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)
- **Total S.A.**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:

- **Darbouret, Myriam**
42740 Saint Paul en Jarez (FR)
- **Henaut, Isabelle**
92500 Rueil-Malmaison (FR)
- **Palermo, Thierry**
92600 Asnieres (FR)
- **Glenat, Philippe**
64270 Sales de Bearn (FR)
- **Hurtevent, Christian**
40330 Brassempouy (FR)

(54) **Méthode pour réduire la perte de charge d'un liquide en écoulement dans une conduite en tenant compte de la dégradation d'agents réducteurs de traînée**

(57) La méthode permet de réduire la perte de charge d'un effluent en écoulement dans une conduite, l'effluent comportant au moins une phase liquide.

Dans une première étape, on détermine une loi qui exprime l'efficacité d'un agent réducteur de traînée solubilisé dans ladite phase liquide en fonction de l'énergie dissipée (E) par ladite phase liquide en écoulement en

tenant compte de la concentration (C) en agent dans la phase liquide.

Puis lors d'une deuxième étape, on détermine des conditions d'injection dudit agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide en écoulement dans ladite conduite en utilisant la loi déterminée lors de la première étape.

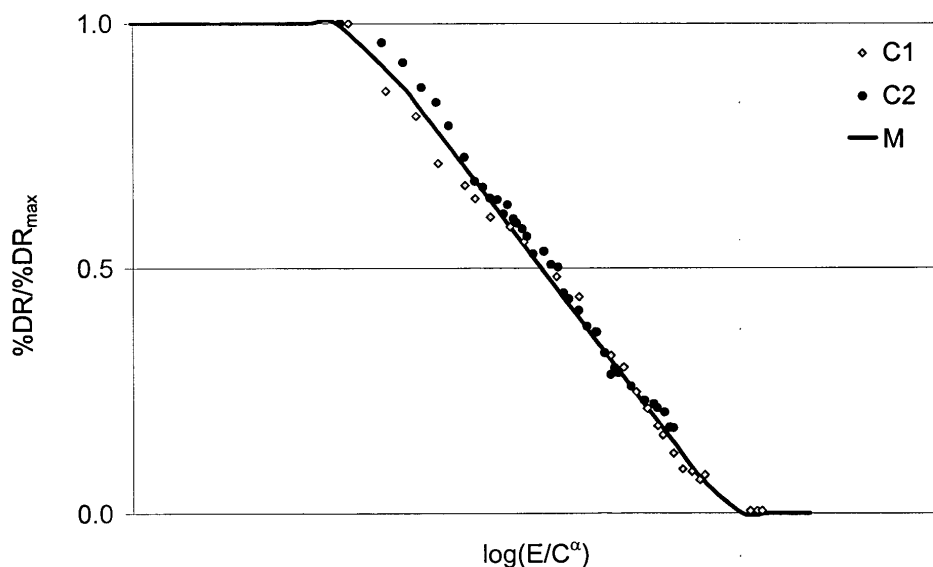


FIG 7

EP 2 264 355 A1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des agents réducteurs de traînée, couramment nommés "DRA" ou "Drag Reducer Agent", mis en oeuvre pour réduire les pertes de charge d'un liquide en écoulement.

[0002] Les agents réducteurs de traînée sont largement utilisés par l'industrie pétrolière pour améliorer les débits de production d'effluent pétrolier brut. En dissolution dans un liquide, les agents réducteurs de traînée permettent de réduire les pertes de charge d'un écoulement en régime turbulent.

[0003] Les agents réducteurs de traînée sont des polymères linéaires, de forte masse moléculaire et présentant une bonne flexibilité. Bien qu'ayant fait l'objet de nombreuses études, leur mécanisme physique d'action est encore mal défini, mais il est connu et vérifié que l'injection d'une faible quantité d'agents réducteurs de traînée permet de réduire sensiblement les pertes de charge d'un liquide en écoulement turbulent.

[0004] Le principal inconvénient des agents réducteurs de traînée est leur sensibilité à la dégradation mécanique qui amoindrit progressivement leurs performances. Sous l'effet du cisaillement induit par l'écoulement du liquide, les longues chaînes de polymère peuvent être progressivement réduites en éléments de longueurs plus petites et de plus faibles poids moléculaires. C'est l'effet de dégradation mécanique qui se traduit par une perte progressive de l'efficacité du DRA. En pratique, il est nécessaire d'injecter régulièrement des agents réducteurs de traînée à différentes positions le long du trajet suivi par le fluide en écoulement, afin de compenser la perte d'efficacité. De plus, afin de conserver un effet réducteur de traînée sur une distance de parcours aussi longue que possible, les DRA sont injectés à une concentration supérieure à la concentration minimale suffisante pour obtenir un bon effet de réduction de traînée.

[0005] La présente invention propose une méthode pour déterminer le niveau de dégradation des agents réducteurs de traînée dans le but d'optimiser les conditions d'injection dans un fluide en écoulement.

[0006] De manière générale, la méthode selon l'invention permet de réduire la perte de charge d'un effluent en écoulement dans une conduite, l'effluent comportant au moins une phase liquide, en effectuant les étapes suivantes :

a) on détermine une loi qui exprime l'efficacité d'un agent réducteur de traînée solubilisé dans ladite phase liquide en fonction de l'énergie dissipée par ladite phase liquide en écoulement en tenant compte de la concentration en agent dans la phase liquide,

b) on détermine des conditions d'injection dudit agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide en écoulement dans ladite conduite en utilisant la loi déterminée à l'étape a).

[0007] Selon l'invention, à l'étape a), on peut effectuer les opérations suivantes :

- on prépare aux moins deux échantillons comportant ledit agent solubilisé dans ladite phase liquide, chaque échantillon ayant une concentration différente en agent réducteur de traînée,
- on met chacun des échantillons en écoulement dans un dispositif expérimental et on mesure les valeurs des pertes de charge de l'échantillon en écoulement en fonction du temps,
- à partir des valeurs de pertes de charge mesurées, on calcule l'énergie dissipée par l'écoulement en fonction du temps et on calcule l'efficacité dudit agent à réduire la perte de charge en fonction du temps,
- à partir de l'énergie dissipée et de l'efficacité calculées, on détermine la loi qui exprime l'efficacité de la réduction de perte de charge en fonction de l'énergie dissipée par l'écoulement en tenant compte de la concentration initiale en agent réducteur de traînée.

[0008] Dans ce cas, l'efficacité de l'agent réducteur de traînée peut correspondre au rapport entre la perte de charge de la phase liquide comportant ledit agent solubilisé et la perte de charge de la phase liquide sans agent.

[0009] Alternativement, à l'étape a), on peut effectuer les opérations suivantes :

- on prépare aux moins deux échantillons comportant ledit agent solubilisé dans ladite phase liquide, chaque échantillon ayant une concentration différente en agent réducteur de traînée,
- on met un mobile en rotation dans chacun des échantillons et on mesure les valeurs du couple nécessaire à la mise en rotation du mobile en fonction du temps,
- à partir des valeurs de couple mesurées, on calcule l'énergie dissipée par l'écoulement en fonction du temps et on calcule l'efficacité dudit agent à réduire le couple en fonction du temps,
- à partir de l'énergie dissipée et de l'efficacité calculées, on détermine la loi qui exprime l'efficacité de l'agent réducteur de traînée en fonction de l'énergie dissipée en tenant compte de la concentration en agent réducteur de traînée.

[0010] Dans ce cas, l'efficacité de l'agent réducteur de traînée peut correspondre au rapport entre le couple nécessaire à la rotation du mobile dans ladite phase liquide comportant ledit agent solubilisé et le couple nécessaire à la rotation du mobile dans ladite phase liquide sans agent.

[0011] Selon l'invention, la loi peut exprimer l'efficacité de l'agent réducteur de traînée en fonction du logarithme de l'énergie dissipée.

[0012] Par exemple, loi peut être de la forme :

$$\begin{cases} \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} = A - B \log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right) \\ 0 \leq \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \leq 1 \end{cases}$$

dans laquelle $\frac{\%DR}{\%DR_{\max}}$ correspond à l'efficacité de l'agent réducteur de traînée,

A, **B** et α correspondent aux paramètres d'ajustement de la loi, **E** : l'énergie dissipée par l'écoulement de ladite phase liquide, **C** : la concentration massique en l'agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide.

[0013] A l'étape b), on peut tenir compte du débit de la phase liquide en écoulement et de la géométrie de la conduite.

[0014] Les conditions déterminées à l'étape b) peuvent être choisies parmi : la position des points d'injection d'agent réducteur de traînée le long de la conduite, le débit d'agent réducteur de traînée à injecter, le débit d'écoulement de la phase liquide.

[0015] On peut injecter ledit agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide en écoulement dans ladite conduite selon les conditions déterminées à l'étape b).

[0016] La conduite peut être en étude de construction et on peut déterminer la position des points d'injection d'agent réducteur de traînée le long de la conduite et le débit d'agent réducteur de traînée à injecter.

[0017] On peut déterminer le débit d'agent réducteur de traînée à injecter en fonction de la variation du débit de la phase liquide en écoulement.

[0018] 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 représente une installation expérimentale pour tester la dégradation des DRA,
- les figures 2 et 3 schématisent des rhéomètres pour tester la dégradation des DRA,
- les courbes de la figure 4 présentent l'évolution au cours du temps de l'énergie dissipée calculée à partir des mesures de pertes de charge linéaires,
- les courbes de la figure 5 présentent la décroissance de l'efficacité d'un DRA,
- les courbes de la figure 6 présentent l'évolution de l'efficacité d'un DRA en fonction de l'énergie dissipée,
- la figure 7 représente les points de mesure et le modèle selon l'invention donnant la réduction de l'efficacité d'un DRA en fonction de l'énergie dissipée,
- la figure 8 schématise une conduite discrétisée pour illustrer la mise en oeuvre de la méthode de réduction de la perte de charge selon l'invention.

[0019] Les inventeurs ont mis en évidence que la dégradation des agents réducteurs de traînée en solution dans un liquide dépend directement de l'énergie dissipée par l'écoulement au sein de cette phase liquide. Cette propriété de dégradation des DRA est mise à profit, selon l'invention, pour déterminer une loi qui exprime la décroissance de l'efficacité des DRA (voir étape 1), puis pour utiliser ladite loi pour optimiser les conditions d'injection de DRA dans un liquide en écoulement (voir étape 2).

[0020] Dans la présente description, les dénominations "agents réducteurs de traînée", ou encore "DRA" désignent des polymères qui présentent un effet de réduction de traînée. Ces polymères forment des chaînes longues, flexibles et présentant des ramifications restreintes. Ils présentent une bonne solubilité dans un liquide solvant, aqueux ou organique. En général, la masse moléculaire des DRA est élevée, couramment supérieure à 10^6 g/mol.

[0021] Les DRA sont mis en oeuvre pour améliorer l'écoulement de tout type de fluide, par exemple des fluides aqueux ou des fluides organiques.

[0022] De préférence, la présente invention s'applique à des fluides dans des conditions d'écoulement en régime turbulent, c'est-à-dire que l'écoulement présente un nombre de Reynolds supérieur à 2100.

Étape 1 : Détermination d'une loi qui exprime la décroissance de l'efficacité des DRA

[0023] On effectue des tests pour déterminer une loi de dépendance qui exprime la décroissance de l'efficacité des DRA en fonction de la concentration initiale en DRA et en fonction de l'énergie totale dissipée au sein de l'écoulement.

Tests

[0024] Les tests sont effectués sur des échantillons contenant les DRA que l'on souhaite caractériser, les DRA étant dissous dans le liquide dont on souhaite réduire les pertes de charge.

[0025] On prépare plusieurs échantillons à partir du même liquide contenant le même DRA. Seule la concentration en DRA diffère d'un échantillon à un autre.

[0026] Pour chacun des échantillons, on effectue le test suivant. On met l'échantillon en écoulement dans des conditions connues et contrôlées. Au cours de l'écoulement, on effectue des mesures pour déterminer l'énergie dissipée lors de l'écoulement.

[0027] Par exemple, on mesure la perte de charge générée au cours de l'écoulement de l'échantillon dans une conduite 1. La figure 1 présente un schéma de dispositif expérimental permettant une caractérisation en conduite. Pour ce faire, on peut mettre l'échantillon en écoulement au moyen de la pompe P dans une conduite 1 de géométrie connue, par exemple une conduite cylindrique de diamètre et de longueur connus, de préférence à un débit constant. Pour faciliter l'expérimentation, la conduite 1 est configurée en boucle fermée avec un réservoir R de liquide. La perte de charge et le débit sont mesurés au cours du temps. La perte de charge est mesurée par différence de pression entre deux points de la conduite par le manomètre 2. Le débit est mesuré par le débitmètre D.

[0028] On peut également mettre en oeuvre un rhéomètre pour déterminer l'énergie dissipée lors d'un écoulement. Le rhéomètre peut être de type Couette tel que représenté par la figure 2. Il est composé d'un récipient cylindrique 5 de rayon R_2 contenant un cylindre 6 de rayon R_1 et de hauteur H. Le cylindre 6 est mobile en rotation. L'échantillon est disposé dans l'espace annulaire 7 situé entre le récipient 5 et le cylindre 6, plus précisément entre la paroi interne du cylindre fixe et la paroi externe du cylindre en rotation. Le cylindre 6 est mis en rotation à une vitesse angulaire déterminée Ω , de préférence à une vitesse constante, et on mesure le couple résistant Γ à la mise en rotation du cylindre.

[0029] Pour plus de précision, on peut également utiliser un rhéomètre de type "double Couette", par exemple tel que schématisé par la figure 3. Le liquide 8 est disposé dans un récipient annulaire 9 dans lequel un mobile 10 de forme tubulaire est plongé. Dans cette configuration, le mobile en rotation possède une plus grande surface de contact avec le fluide à caractériser.

Détermination de l'énergie dissipée lors d'un écoulement

[0030] L'énergie ε dissipée par l'écoulement par unité de temps et de volume peut être exprimée en fonction de la géométrie de la conduite (par exemple une conduite cylindrique de diamètre D et de longueur L), la perte de charge ΔP mesurée et la vitesse débitante de l'échantillon U. La vitesse débitante moyenne U correspond au débit Q divisé par la section de passage de la conduite.

$$U = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

[0031] La contrainte de cisaillement à la paroi peut être calculée à partir de la mesure de perte de charge à l'aide de

la relation : $\tau_w = \frac{D\Delta P}{4L}$.

On introduit également une vitesse de cisaillement à la paroi : $\dot{\gamma}_w = \frac{8U}{D}$.

L'énergie (ε) dissipée au sein de l'écoulement par unité de temps et de volume peut être exprimée de la façon suivante :

$$\varepsilon = \tau_w \dot{\gamma}_w$$

soit soit $\varepsilon = 2U \frac{\Delta P}{L}$

[0032] L'énergie totale (E) dissipée par l'écoulement par unité de volume pendant le temps de sollicitation de l'échantillon Δt est alors obtenue par intégration sur le temps Δt de sollicitation de l'échantillon.

$$E = \int_{\Delta t} \varepsilon dt = 2 \int_{\Delta t} U \cdot \frac{\Delta P}{L} dt$$

Dans le cas où les tests de caractérisation sont réalisés en rhéomètre, l'énergie dissipée par unité de volume de fluide

et par unité de temps peut être également déterminée par la relation : $\varepsilon = \tau_{R_1} \dot{\gamma}_{R_1}$.

La contrainte de cisaillement exercée sur le cylindre mobile 6 est alors τ_{R_1} , et $\dot{\gamma}_{R_1}$ est la vitesse de cisaillement à la paroi de ce cylindre mobile.

[0033] Ces grandeurs sont obtenues respectivement à partir des mesures de couple et de vitesse de rotation.

[0034] Par exemple, pour la géométrie simple de rhéomètre de Couette, les relations suivantes sont utilisées pour estimer les contraintes et taux de cisaillement exercés sur le mobile en rotation :

$$\tau_{R_1} = \frac{\Gamma}{2\pi R_1^2 H}, \quad \dot{\gamma}_{R_1} = \frac{2\Omega}{1 - \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2}$$

[0035] Dans le cas d'une géométrie plus sophistiquée, comme par exemple, le double couette représenté sur la figure 3, le principe de calcul de l'énergie dissipée par unité de temps et de volume est le même que pour le rhéomètre de Couette. La plupart des rhéomètres fournissent directement la contrainte de cisaillement et la vitesse de cisaillement à la paroi du mobile.

[0036] L'énergie E dissipée par unité de volume au sein de l'écoulement et cumulée en fonction du temps est alors obtenue par intégration sur le temps d'écoulement Δt .

$$E = \int_{\Delta t} \varepsilon dt$$

[0037] Dans le cas d'un rhéomètre de Couette cette énergie dissipée par unité de volume cumulée sur le temps de sollicitation de l'échantillon est alors :

$$E = \frac{1}{\pi R_1^2 H \left(1 - \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2\right)} \int_{\Delta t} \Gamma \cdot \Omega dt$$

[0038] La figure 4 présente l'évolution au cours du temps de l'énergie dissipée calculée à partir des mesures de pertes de charge linéaires effectuées sur un dispositif expérimental décrit en référence à la figure 1. Les pertes de charge linéaire $\Delta P/L$ sont mesurées pour deux échantillons du même liquide ayant respectivement des concentrations C1 et C2. Les deux échantillons sont testés dans des conditions d'écoulement, notamment de débit, identiques. La concentration C2 est supérieure à C1.

[0039] Les courbes $\Delta P/L(C1)$ et $\Delta P/L(C2)$ donnent les valeurs mesurées de pertes de charge linéaire $\Delta P/L$ (représentés sur l'axe des ordonnées à gauche) en fonction du temps t .

[0040] Les courbes $E(C1)$ et $E(C2)$ donnent les valeurs calculées d'énergie E (représentées sur l'axe des ordonnées à droite) en fonction du temps t . Les valeurs de E ont été calculées en fonction des mesures de perte de charge linéaire $\Delta P/L$.

[0041] Les courbes $\Delta P/L(C1)$ et $E(C1)$ correspondent à un échantillon ayant la concentration $C1$ de DRA. Les courbes $\Delta P/L(C2)$ et $E(C2)$ correspondent à un échantillon ayant la concentration $C2$ du même DRA.

Détermination de l'efficacité de la réduction de la perte de charge

[0042] L'efficacité d'un DRA correspond à la réduction des frottements dans l'écoulement grâce à la présence des DRA.

[0043] On peut définir l'efficacité d'un DRA (%DR) en fonction de la réduction de la perte de charge mesurée.

$$\%DR = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_{DRA}}{\Delta P_0}$$

avec ΔP_0 la perte de charge obtenue pour un test avec un échantillon sans DRA pour un débit donné, ΔP_{DRA} la perte de charge obtenue pour un test avec un échantillon contenant une quantité déterminée de DRA, le test étant réalisé dans les mêmes conditions, notamment de débit.

[0044] Dans le cas d'une mesure en rhéomètre, l'efficacité %DR peut s'écrire en fonction des couples mesurés sur l'axe du mobile en rotation pour un échantillon sans additif (Γ_0) et avec additif (Γ_{DRA}).

$$\%DR = \frac{\Gamma_0 - \Gamma_{DRA}}{\Gamma_0}$$

[0045] On observe, notamment sur la figure 4, que les DRA présentent une efficacité maximale juste après l'introduction des DRA dans le liquide en écoulement. L'efficacité des DRA diminue ensuite au cours du temps.

$\%DR_{max}$ correspond à l'efficacité maximale, par exemple la réduction de la perte de charge (%DR) obtenue lorsque l'efficacité du DRA est maximale, donc lorsque la perte de charge, ou le couple résistant mesurés sont minimaux (les chaînes de polymères n'ont pas encore été dégradées).

$\%DR_{max}$ est caractéristique d'un couple DRA/solvant.

Au cours du temps et de l'écoulement, lorsque les chaînes de polymères sont complètement dégradées, %DR tend vers 0. Le rapport $\%DR/\%DR_{max}$ varie donc entre 1 et 0 au cours de la dégradation mécanique des agents réducteurs de traînée.

[0046] La figure 5 illustre la décroissance de l'efficacité $\%DR/\%DR_{max}$ (en ordonnées) en fonction du temps t pour les deux échantillons ayant une concentration $C1$ et $C2$ en DRA. On utilise les valeurs de pertes de charge $\Delta P/L$ représentés par les courbes $\Delta P/L(C1)$ et $\Delta P/L(C2)$ de la figure 4.

[0047] Sur la figure 5, on observe que la décroissance de $\%DR/\%DR_{max}$ est d'autant plus rapide que la concentration en DRA est faible.

[0048] On observe également que la décroissance de $\%DR/\%DR_{max}$ est d'autant plus rapide que l'énergie dissipée au sein de l'écoulement est importante.

Construction d'une loi pour exprimer l'efficacité d'un DRA

[0049] En utilisant les essais expérimentaux, selon l'invention, on détermine une loi de dépendance de $\%DR/\%DR_{max}$ en fonction de la concentration initiale en additif et de l'énergie totale dissipée par l'écoulement au sein de la phase liquide.

[0050] Pour un DRA donné et un liquide solvant, on peut proposer une loi du type :

$$\begin{cases} \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} = A - B \log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right) \\ 0 \leq \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \leq 1 \end{cases}$$

avec E l'énergie dissipée par unité de volume de fluide cumulée sur le temps (obtenue par intégration sur le temps de sollicitation de l'échantillon); et C la concentration massique initiale en polymères.

A, B, et α sont des paramètres dépendants de la nature du DRA et du liquide solvant.

[0051] L'identification des paramètres A, B et α se fait par les étapes suivantes :

1. Pour chaque test, correspondant à une concentration donnée, on peut tracer $\%DR/\%DR_{\max}$ en fonction de $\log(E)$. Par exemple, la figure 6 représente l'évolution de $\%DR/\%DR_{\max}$ en fonction de $\log(E)$ pour deux concentrations **C1** et **C2** selon les mesures effectuées pour construire les courbes de la figure 4. On obtient alors deux droites parallèles de pentes égales B et dont les ordonnées à l'origine sont respectivement égales à A_1 et A_2 .

De manière générale, pour un nombre i d'échantillons ayant une concentration C_i de DRA on obtient une série de i droites parallèles de pentes égales à B et dont les ordonnées à l'origine sont égales à A_i . Ces droites sont définies par :

$$\forall C_i \quad \left(\frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \right)_i = A_i - B \log(E)$$

2. On détermine le coefficient α en utilisant deux courbes donnant $\%DR/\%DR_{\max}$ en fonction de $\log(E)$ pour deux concentrations i et j en utilisant les égalités :

$$\exists \alpha \quad / \quad \forall (C_i, C_j), \quad \forall E \quad A_i - B \log\left(\frac{E}{C_i^\alpha}\right) = A_j - B \log\left(\frac{E}{C_j^\alpha}\right)$$

Par exemple, pour les deux concentrations C_1 et C_2 , le coefficient α peut être déterminé de la manière suivante :

$$\alpha = \frac{(A_1 - A_2)}{B \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right)}$$

3. Une fois le coefficient α déterminé, on peut tracer pour chaque concentration $\frac{\%DR}{\%DR_{\max}}$ en fonction de

$\log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right)$. On obtient des droites superposées les unes aux autres dont la pente vaut B et dont l'ordonnée à l'origine vaut A.

[0052] On a alors déterminé les trois paramètres A, B et α de la loi $\frac{\%DR}{\%DR_{\max}} = A - B \log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right)$ qui permettent

de caractériser la perte d'efficacité de l'additif en fonction de l'énergie dissipée par l'écoulement.

[0053] La figure 7 représente d'une part les points de mesure $\%DR/\%DR_{\max}$ en fonction de $\log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right)$, les mesures

correspondant à celles utilisées pour construire les courbes de la figure 4. D'autre part, la figure 7 représente la courbe

$$M : \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} = A - B \log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right) \text{ avec les paramètres } A, B \text{ et } \alpha \text{ précédemment déterminés.}$$

[0054] Sans sortir du cadre de l'invention, on peut utiliser toute autre expression mathématique, différente du logarithme, pour exprimer l'efficacité du DRA en fonction de l'énergie dissipée par l'écoulement. Par exemple, on peut utiliser une expression polynomiale, une fonction inverse (c'est-à-dire du type $\frac{1}{E}$), etc.

Étape 2 : Utilisation de la loi qui exprime la décroissance de l'efficacité des DRA

[0055] Selon l'invention, on utilise la loi exprimant l'efficacité d'un DRA pour optimiser les conditions de leur utilisation en tant qu'agent réducteur de traînée d'un liquide en écoulement.

[0056] Lors de l'étude de construction d'une conduite de transport d'un effluent pétrolier, on peut utiliser la loi exprimant l'efficacité d'un DRA pour déterminer les conditions d'injection de DRA dans l'effluent en écoulement dans la conduite. On suppose connus les conditions thermodynamiques (pression P et température T), les débits volumiques des phases liquide (Q_l) et gazeuse (Q_g), le diamètre de conduite (D), et la concentration massique initiale en additif (C).

[0057] Ci-dessous la méthode permettant d'utiliser cette loi est détaillée et mise en équation pour le cas d'un écoulement liquide uniquement ($Q_g=0$). Le cas d'un écoulement gaz/liquide est discuté dans les remarques.

La vitesse débitante de la phase liquide dans la conduite est : $U_l = \frac{4Q_l}{\pi D^2}$.

[0058] La conduite d'écoulement 20 est discrétisée en éléments (référencés 0, 1, 2, ..., n-1, n, ...) de longueurs ΔL successifs comme schématisé sur la figure 8. Le liquide circule selon le sens de la flèche F. La première injection de DRA dans la portion de conduit 0 est référencée PI1.

[0059] Le calcul de la perte de charge, de l'énergie dissipée, et de l'efficacité résiduelle de l'additif se fait de proche en proche en suivant les étapes suivantes.

Initialisation du calcul :

[0060] La perte de charge obtenue sans additif, pour le liquide seul dans les mêmes conditions thermodynamiques et d'écoulement ($\Delta P_0/L$) peut être calculée connaissant les conditions d'écoulement (Q, T, P, D), et les propriétés rhéologiques du liquide transporté.

[0061] D'autre part, $\%DR_{\max}$ a été déterminé par ailleurs et est connu en fonction des conditions d'écoulement. Dans la première cellule 0 de discrétisation, correspondant au point d'injection PI1 du DRA, la perte de charge linéaire est calculée à partir de la perte de charge générée par le solvant seul et à partir de la $\%DR_{\max}$ de la manière suivante:

$$\left(\frac{\Delta P}{L}\right)_0 = \frac{\Delta P_{\min}}{L} = \frac{\Delta P_0}{L} (1 - \%DR_{\max})$$

L'énergie dissipée par l'écoulement par unité de temps et de volume dans cet élément de longueur de conduite est :

$$\varepsilon_0 = 2U \frac{\Delta P_{\min}}{L}$$

L'énergie totale dissipée par unité de volume au sein de cette première cellule est alors :

$$E_0 = \varepsilon_0 \cdot \Delta t$$

5

$$E_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{\Delta L}{U}$$

10

En effet, le temps de résidence (Δt) dans la cellule de largeur ΔL est $\Delta t = \frac{\Delta L}{U}$.

15 Itération :

[0062] On peut répéter cette opération, et calculer les grandeurs caractéristiques d'une cellule à partir de grandeurs obtenues pour la cellule précédente. Pour chaque pas d'itération en espace, les étapes sont alors décrites ci-après.

[0063] On considère le $n^{\text{ième}}$ élément de longueur, en supposant que l'élément (n-1) est parfaitement caractérisé.

20 **[0064]** L'efficacité résiduelle de l'additif en ce point peut être calculée connaissant l'énergie totale dissipée depuis le point d'injection jusqu'à la cellule n-1 (E_{n-1}).

[0065] L'efficacité de l'additif dans cette $n^{\text{ième}}$ cellule aura diminué de la manière prévue par la loi déterminée précédemment, en fonction de l'énergie dissipée par l'écoulement.

25

$$\left(\frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \right)_n = A - B \log \left(\frac{E_{n-1}}{C^a} \right)$$

30

Cela permet alors de recalculer une nouvelle perte de charge linéaire locale:

35

$$\left(\frac{\Delta P}{L} \right)_n = \frac{\Delta P_0}{L} - \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \left(\frac{\Delta P_0}{L} - \frac{\Delta P_{\min}}{L} \right)$$

puis l'énergie dissipée par l'écoulement dans cet $n^{\text{ième}}$ élément de longueur.

40

$$\varepsilon_n = 2U \left(\frac{\Delta P}{L} \right)_n$$

45

l'énergie dissipée par l'écoulement par unité de volume de fluide depuis le point d'injection PI1 de l'additif est alors :

50

$$E_n = E_{n-1} + \varepsilon_n \frac{\Delta L}{U}$$

Ce calcul est renouvelé jusqu'à ce que la longueur totale de parcours soit atteinte ou bien jusqu'à ce que l'efficacité de l'additif %DR atteigne une valeur basse limite. Dans ce dernier cas, on peut alors procéder à une nouvelle injection PI2 de DRA. Puis on peut mener le calcul à partir de la deuxième injection PI2.

55

Remarques :**[0066]**

- dans le cas où la conduite présente des singularités, il faut prendre en compte l'énergie supplémentaire dissipée au passage de ces singularités pour estimer la perte d'efficacité de l'additif,
- dans le cas d'un écoulement gaz/liquide, seule l'énergie dissipée au sein de la phase liquide, qui contient les chaînes de polymères doit être prise en compte pour estimer la dégradation mécanique des additifs DRA. Ce calcul peut être alors réalisé à l'aide d'un logiciel de simulation d'écoulements qui permet de prédire le régime d'écoulement polyphasique et par conséquent l'énergie dissipée par l'écoulement au sein de la phase liquide.

Applications:

[0067] Cette démarche peut être mise en place pour déterminer :

- une longueur sur laquelle le DRA conserve une efficacité minimum fixée par l'utilisateur, connaissant le débit, la géométrie de la conduite, la concentration en additifs dans la phase liquide; en d'autres termes, on positionne les points d'injection le long de la conduite pour maintenir une efficacité minimum des DRA tout au long du trajet de l'effluent (liquide, ou polyphasique gaz/liquide),
- le débit d'additif qu'il est nécessaire d'injecter dans l'effluent pour parcourir une distance donnée connaissant la pression disponible, et la géométrie de la conduite.

[0068] Cette méthode présente donc un intérêt pour le dimensionnement des conduites de transports d'effluents pétroliers. La loi exprimant l'efficacité d'un DRA peut également être utilisée pour adapter l'injection de DRA aux variations de conditions de production au cours de la vie d'un champ déjà mis en production. Par exemple lorsqu'il se produit une modification du débit d'écoulement de production dans une configuration de conduite et de point d'injection donnée. Dans ce cas, on peut déterminer la quantité optimale nécessaire et suffisante pour obtenir une réduction de la perte de charge en tenant compte des modifications des conditions d'écoulement.

[0069] La présente invention peut être mise en oeuvre dans le cadre de l'injection de "DRA" dans un effluent pétrolier constitué d'huile et pouvant en outre comporter une fraction de gaz hydrocarboné et éventuellement une phase aqueuse.

[0070] L'invention s'applique également à l'utilisation des "DRA" pour améliorer l'écoulement de fluide aqueux mis en oeuvre pour la production assistée d'un gisement pétrolier (couramment nommé Extended Oil Recovery).

[0071] La méthode selon l'invention présente l'avantage substantiel d'utiliser une loi exprimant l'efficacité d'un DRA qui n'est pas limitée à une seule géométrie de conduite. Ladite loi peut être appliquée dans tout type de configuration d'écoulement, en adaptant le calcul de l'énergie dissipée par l'écoulement à la géométrie considérée. Cet avantage permet de caractériser les performances d'un DRA dans une configuration test et d'en utiliser les résultats largement dans des configurations de production qui sont complètement différentes de celles des tests. Ainsi, la méthode selon l'invention présente simplicité et souplesse d'utilisation.

Revendications

1. Méthode pour réduire la perte de charge d'un effluent en écoulement dans une conduite, l'effluent comportant au moins une phase liquide, dans laquelle on effectue les étapes suivantes :

- a) on détermine une loi qui exprime l'efficacité d'un agent réducteur de traînée solubilisé dans ladite phase liquide en fonction de l'énergie dissipée par ladite phase liquide en écoulement en tenant compte de la concentration en agent dans la phase liquide,
- b) on détermine des conditions d'injection dudit agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide en écoulement dans ladite conduite en utilisant la loi déterminée à l'étape a).

2. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle à l'étape a), on effectue les opérations suivantes :

- on prépare aux moins deux échantillons comportant ledit agent solubilisé dans ladite phase liquide, chaque échantillon ayant une concentration différente en agent réducteur de traînée,
- on met chacun des échantillons en écoulement dans un dispositif expérimental et on mesure les valeurs des pertes de charge de l'échantillon en écoulement en fonction du temps,
- à partir des valeurs de pertes de charge mesurées, on calcule l'énergie dissipée par l'écoulement en fonction

du temps et on calcule l'efficacité dudit agent à réduire la perte de charge en fonction du temps,

- à partir de l'énergie dissipée et de l'efficacité calculées, on détermine la loi qui exprime l'efficacité de la réduction de perte de charge en fonction de l'énergie dissipée par l'écoulement en tenant compte de la concentration initiale en agent réducteur de traînée.

3. Méthode selon la revendication 2, dans laquelle l'efficacité de l'agent réducteur de traînée correspond au rapport entre la perte de charge de la phase liquide comportant ledit agent solubilisé et la perte de charge de la phase liquide sans agent.

4. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle à l'étape a), on effectue les opérations suivantes :

- on prépare aux moins deux échantillons comportant ledit agent solubilisé dans ladite phase liquide, chaque échantillon ayant une concentration différente en agent réducteur de traînée,
- on met un mobile en rotation dans chacun des échantillons et on mesure les valeurs du couple nécessaire à la mise en rotation du mobile en fonction du temps,
- à partir des valeurs de couple mesurées, on calcule l'énergie dissipée par l'écoulement en fonction du temps et on calcule l'efficacité dudit agent à réduire le couple en fonction du temps,
- à partir de l'énergie dissipée et de l'efficacité calculées; on détermine la loi qui exprime l'efficacité de l'agent réducteur de traînée en fonction de l'énergie dissipée en tenant compte de la concentration en agent réducteur de traînée.

5. Méthode selon la revendication 4, dans laquelle l'efficacité de l'agent réducteur de traînée correspond au rapport entre le couple nécessaire à la rotation du mobile dans ladite phase liquide comportant ledit agent solubilisé et le couple nécessaire à la rotation du mobile dans ladite phase liquide sans agent.

6. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite loi exprime l'efficacité de l'agent réducteur de traînée en fonction du logarithme de l'énergie dissipée.

7. Méthode selon la revendication 6, dans laquelle ladite loi est :

$$\begin{cases} \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} = A - B \log\left(\frac{E}{C^\alpha}\right) \\ 0 \leq \frac{\%DR}{\%DR_{\max}} \leq 1 \end{cases}$$

dans laquelle

$\frac{\%DR}{\%DR_{\max}}$ correspond à l'efficacité de l'agent réducteur de traînée,

A, **B** et α correspondent aux paramètres d'ajustement de la loi,

E : l'énergie dissipée par l'écoulement de ladite phase liquide,

C : la concentration massique en l'agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide.

8. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle à l'étape b), on tient compte du débit de la phase liquide en écoulement et de la géométrie de la conduite.

9. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les conditions déterminées à l'étape b) sont choisies parmi : la position des points d'injection d'agent réducteur de traînée le long de la conduite, le débit d'agent réducteur de traînée à injecter, le débit d'écoulement de la phase liquide.

10. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on injecte ledit agent réducteur de traînée dans ladite phase liquide en écoulement dans ladite conduite selon les conditions déterminées à l'étape b).

11. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la conduite est en étude de construction et

EP 2 264 355 A1

dans laquelle on détermine la position des points d'injection d'agent réducteur de traînée le long de la conduite et le débit d'agent réducteur de traînée à injecter.

12. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on détermine le débit d'agent réducteur de traînée à injecter en fonction de la variation du débit de la phase liquide en écoulement.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

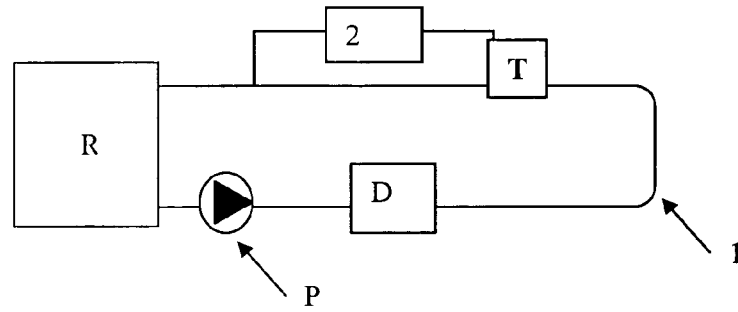


FIG 1

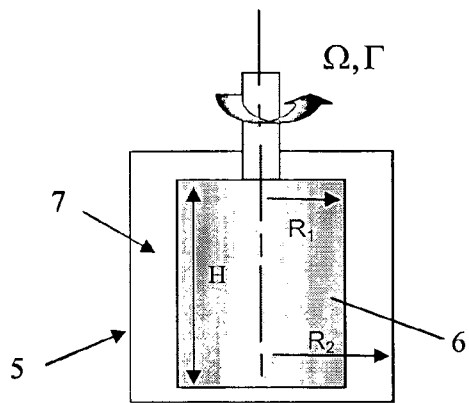


FIG 2

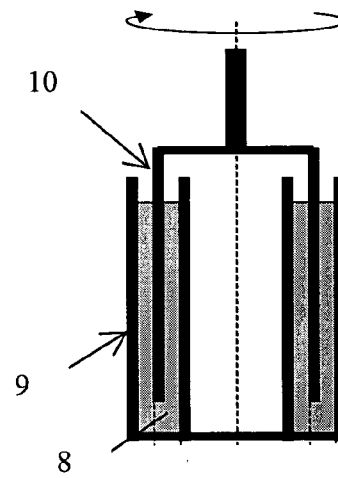
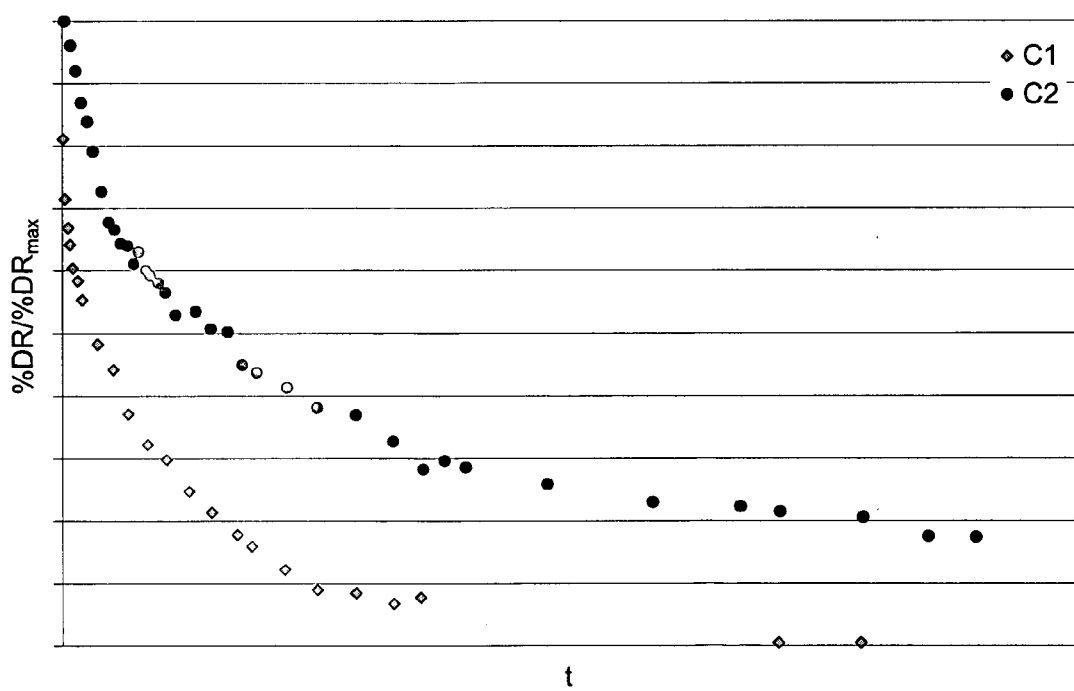
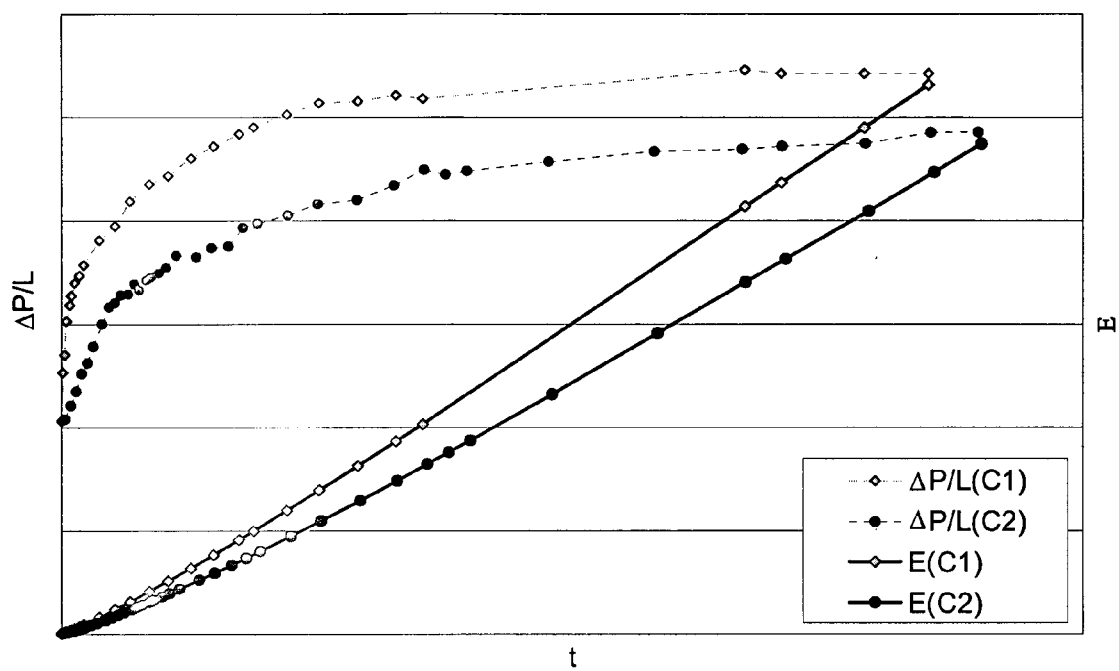


FIG 3



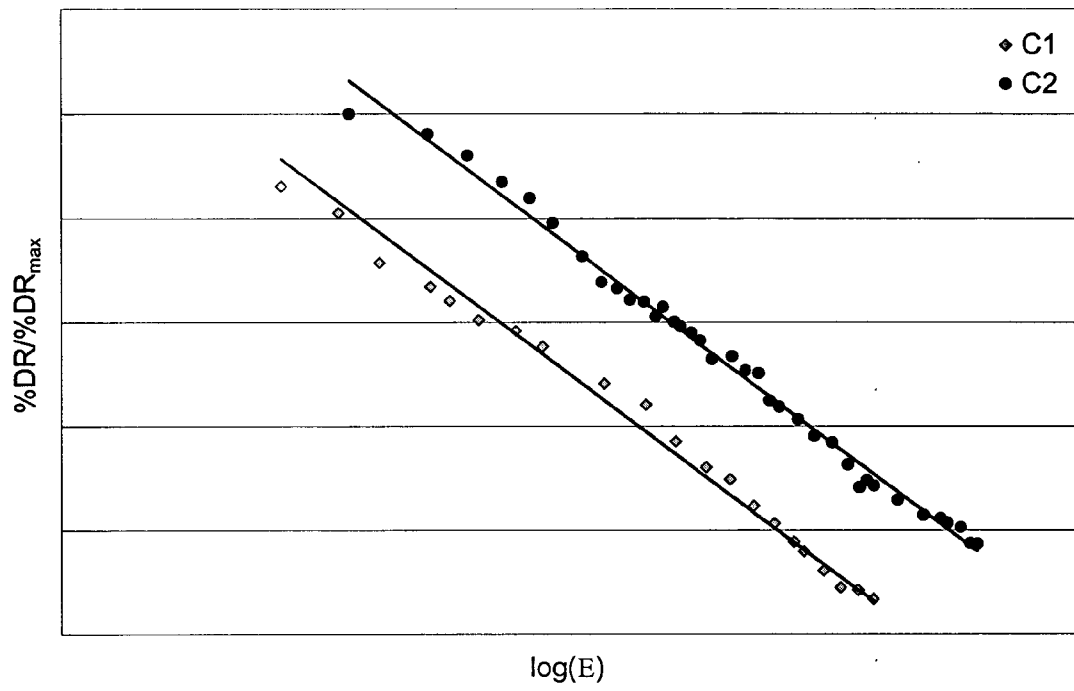


FIG 6

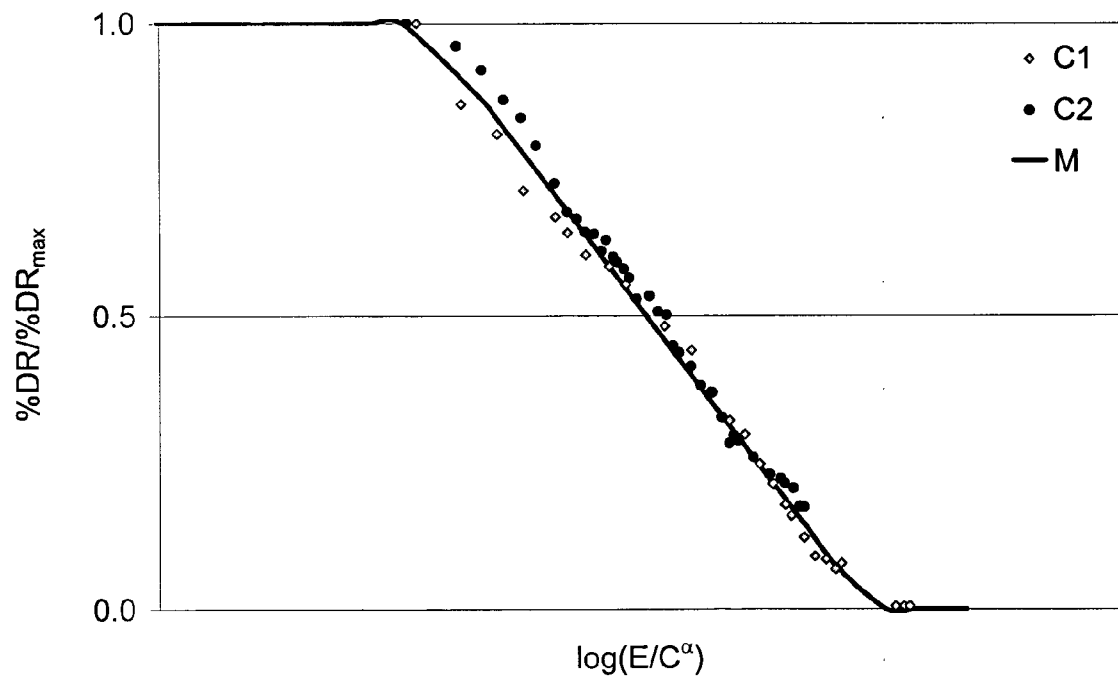


FIG 7

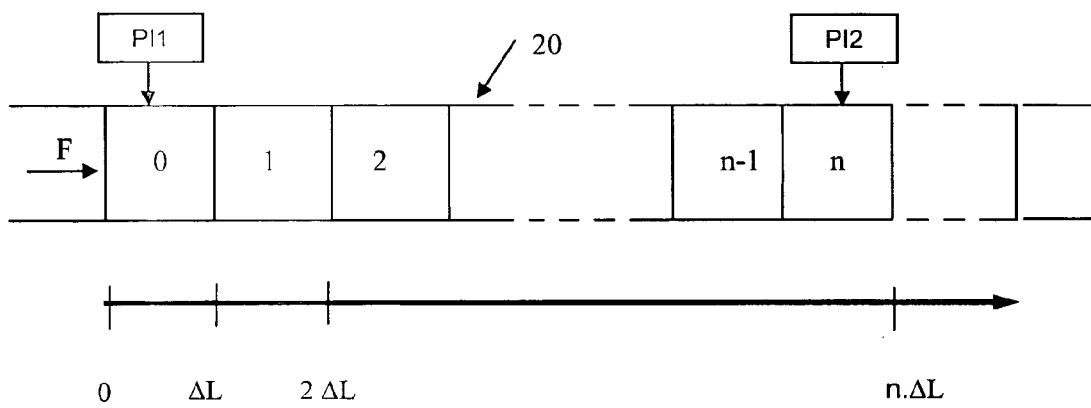


FIG 8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 29 0316

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 4 845 178 A (HOSTETLER DONALD E [US] ET AL) 4 juillet 1989 (1989-07-04) * colonne 5, ligne 33 - colonne 6, ligne 44 *	1-3,8,10	INV. F17D5/02
X	US 4 407 321 A (WILSKI HANS [DE] ET AL) 4 octobre 1983 (1983-10-04) * colonne 6, ligne 5 - colonne 8, ligne 65; figures 1,3-5 *	1-3,10	
A	US 4 569 012 A (SEKOZAWA TERUZI [JP] ET AL) 4 février 1986 (1986-02-04) * le document en entier *	1-12	
A	US 2006/144595 A1 (MILLIGAN STUART N [US] ET AL) 6 juillet 2006 (2006-07-06) * le document en entier *	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F17D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		30 septembre 2010	Schumacher, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 29 0316

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-09-2010

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4845178	A	04-07-1989	AUCUN	

US 4407321	A	04-10-1983	AU 539867 B2	18-10-1984
			AU 6100580 A	01-10-1981
			CA 1152313 A1	23-08-1983
			DE 2931707 A1	26-02-1981
			DK 330080 A	05-02-1981
			EP 0024012 A1	18-02-1981
			ZA 8004695 A	26-08-1981

US 4569012	A	04-02-1986	JP 1685991 C	11-08-1992
			JP 3051960 B	08-08-1991
			JP 58000700 A	05-01-1983

US 2006144595	A1	06-07-2006	AR 053531 A1	09-05-2007
			AU 2005323129 A1	13-07-2006
			BR PI0517730 A	21-10-2008
			CA 2586402 A1	13-07-2006
			CN 101094969 A	26-12-2007
			EA 200701414 A1	28-02-2008
			GB 2437673 A	31-10-2007
			WO 2006073780 A2	13-07-2006

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82