



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2003/02/28

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2003/09/01

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/02/12

(30) Priorité/Priority: 2002/03/01 (FR02/02.667)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01N 33/42* (2006.01),
G01N 33/28 (2006.01)

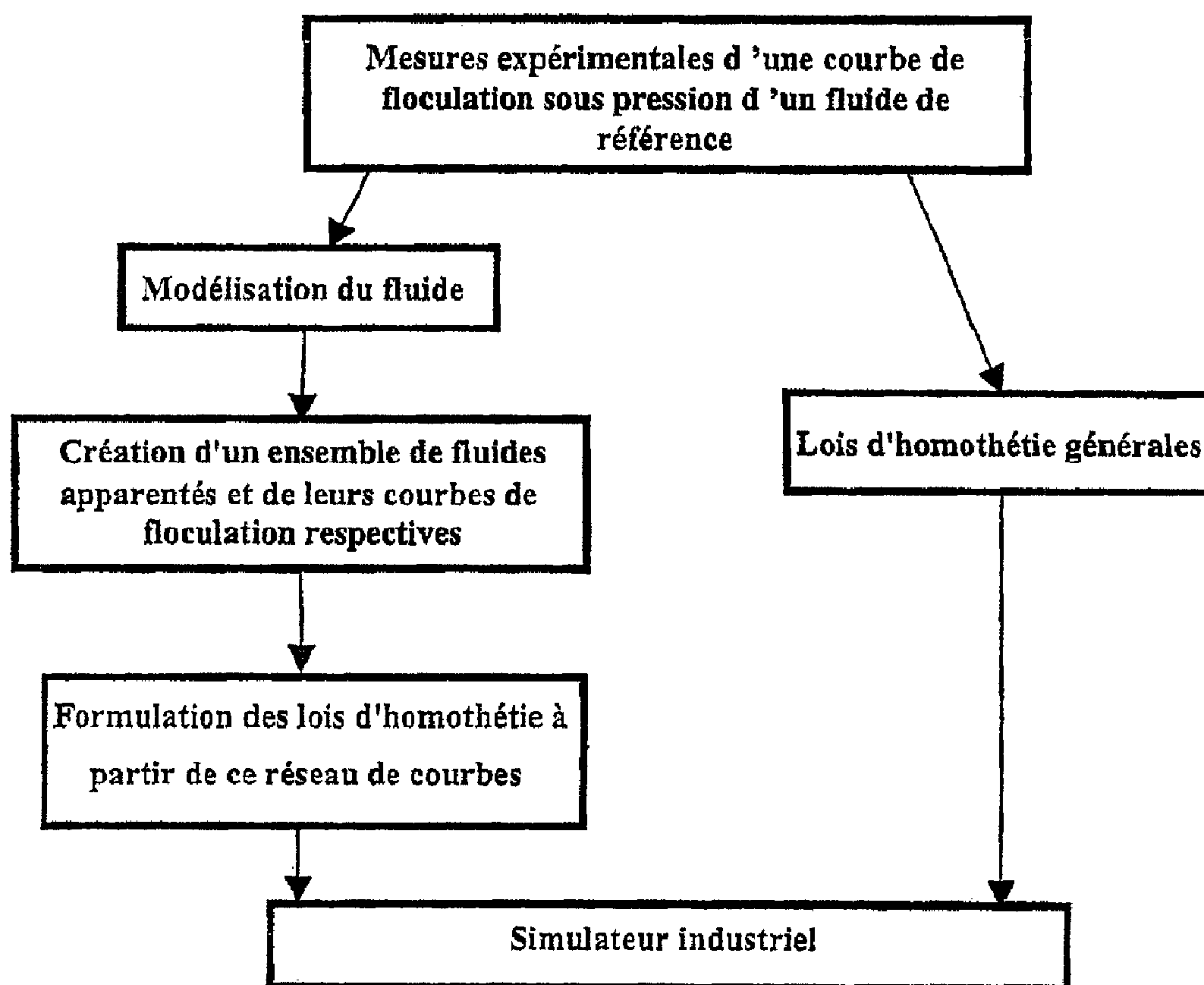
(72) Inventeurs/Inventors:
MOUGIN, PASCAL, FR;
PINA, ANNABELLE, FR;
JULLIAN, SOPHIE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
IFP ENERGIES NOUVELLES, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : METHODE POUR MODELISER DES CONDITIONS DE FLOCCULATION D'ASPHALTENES DANS DES FLUIDES HYDROCARBONES APPARENTES A UN FLUIDE DE REFERENCE

(54) Title: METHOD FOR MODELLING ASPHALTENE FLOCCULATION CONDITIONS IN HYDROCARBON FLUIDS SIMILAR TO A REFERENCE FLUID



(57) Abrégé/Abstract:

- Méthode pour modéliser les conditions de flocculation de fluides hydrocarbonés sous pression, apparentés à un fluide de référence, - On modélise les propriétés asphalténiques à partir des résultats d'une étude expérimentale d'un fluide asphalténique



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

de référence unique, et en utilisant des lois d'homothétie. Ces données réduites permettent de traiter de la floculation d'asphaltènes dans un simulateur industriel fonctionnant suivant un modèle simplifié. On peut alors prédire les quantités d'asphaltènes qui vont flocculer dans le gisement, dans un réservoir ou un réacteur durant son exploitation compte tenu des conditions de pression et de composition variables. - Application à l'optimisation des conditions d'exploitation de gisements ou d'un réacteur industriel où des fluides asphalténiques subissent des détentes.

PRECIS DE LA DIVULGATION :

- Méthode pour modéliser les conditions de floculation de fluides hydrocarbonés sous pression, apparentés à un fluide de référence,
- On modélise les propriétés asphalténiques à partir des résultats d'une étude expérimentale d'un fluide asphalténique de référence unique, et en utilisant des lois d'homothétie. Ces données réduites permettent de traiter de la floculation d'asphaltènes dans un simulateur industriel fonctionnant suivant un modèle simplifié. On peut alors prédire les quantités d'asphaltènes qui vont flocculer dans le gisement, dans un réservoir ou un réacteur durant son exploitation compte tenu des conditions de pression et de composition variables.
- Application à l'optimisation des conditions d'exploitation de gisements ou d'un réacteur industriel où des fluides asphalténiques subissent des détentes.

METHODE POUR MODELISER DES CONDITIONS DE FLOCULATION D'ASPHALTENES DANS DES FLUIDES HYDROCARBONES APPARENTES A UN FLUIDE DE REFERENCE

La présente invention concerne une méthode pour modéliser la floculation d'asphaltènes de fluides hydrocarbonés durant une phase de déplétion.

La méthode selon invention permet de fabriquer un outil informatique de prédiction de risques de floculation d'asphaltènes aisément intégrable dans un simulateur industriel. Il peut s'agir par exemple, d'un simulateur de réservoir qui est l'une des pièces maîtresses utilisée par les opérateurs pour évaluer la production de champs pétroliers ou gaziers, sa durée de vie et son mode de production (primaire, secondaire ou tertiaire). Il peut également s'agir d'un simulateur de bassin. Ces simulateurs sont conçus pour prévoir le comportement d'un champ, ou d'une région pétrolifère sur une longue période. La qualité des simulateurs repose sur leur capacité à reproduire au mieux les différents phénomènes physiques intervenant lors de la production d'hydrocarbures, tels que par exemple : la nature et la composition des différentes phases en présence, l'écoulement des flux de matière ainsi que les interactions des fluides avec le milieu poreux formant le réservoir. Les simulateurs du marché sont équipés pour prédire l'évolution de nombreux phénomènes possibles. Cependant il en est un qui est actuellement difficilement pris en compte, c'est la floculation des asphaltènes.

Etat de la technique

Les asphaltènes sont les composants les plus lourds et les plus polaires d'une coupe pétrolière. Un fluide pétrolier est en effet une suite continue d'hydrocarbures (alcane, naphthènes, aromatiques). Les asphaltènes sont définis, selon la norme française AFNOR T 60-115, comme la fraction d'un fluide pétrolier qui flocule (précipite) dans le n-heptane et qui est soluble dans le benzène. Il s'agit donc d'une classe de solubilité. Ces asphaltènes floculent sous l'effet de trois facteurs : variation de température, de la pression ou de la composition chimique. La Fig.1 montre le comportement d'un brut asphalténique en pression.

Cette courbe présente la quantité d'asphaltènes dans le fluide liquide après une éventuelle floculation. Lorsque la pression diminue, la quantité d'asphaltènes chute, preuve de la

floculation d'une partie des asphaltènes. La floculation est maximale (et la quantité d'asphaltènes dans le liquide minimale) lorsque la pression de bulle (apparition de la première bulle de vapeur) est atteinte. En deçà de cette pression, l'apparition d'une phase vapeur riche en alcanes, donc en produits floculants, permet au liquide d'être de nouveau accueillant vis à vis des asphaltènes.

La modification de la composition du fluide peut également induire le phénomène de floculation. L'ajout d'alcanes légers va produire une floculation des asphaltènes tandis que l'ajout d'aromatiques va permettre de les stabiliser dans le brut.

Lors de la production d'un puits, le fluide hydrocarboné subit des variations de pression, de température et de composition. Il est donc susceptible de flocculer. Cette floculation va se traduire par un dépôt d'asphaltènes dans les pores du réservoir, ce qui a pour conséquence une modification de la porosité du milieu, de sa perméabilité et finalement de la production d'hydrocarbures. Dans les cas ultimes, cette floculation peut induire le colmatage des pores et provoquer l'arrêt du puits. Il est donc important de pouvoir prédire ce phénomène.

Les publications suivantes sont représentatives de l'état de l'art:

- Hirschberg L., De Jong B., Schipper J., Meijer J., SOC. Pet. Eng. J., June, 283 paper n° 11202, 1984;
- Mansoori G., Jiang T., 3rd European Conference on Enhanced Oil Recovery, Rome, April 1985; ou
- Szewczyk V., Béhar E., Compositional model for predicting asphaltenes flocculation, Fluid Phase Equilibria, 156-160, p. 459-469, 1999.

Aucun des nombreux modèles de floculation décrits dans la littérature ouverte ne possède de caractère prédictif. A la base, toutes ces représentations considèrent un modèle classique pour représenter le comportement liquide - vapeur du fluide hydrocarboné. La floculation y est décrite mais il n'existe pas de moyens de prédire le phénomène de floculation. Certains modèles considèrent les asphaltènes comme des particules solides en suspension dans le brut et la floculation est représentée par un modèle colloïdal. Dans une autre approche thermodynamique, les asphaltènes sont considérés comme une nouvelle phase liquide. Il s'agit donc de gérer l'apparition d'une phase liquide ou solide selon les auteurs ci-dessus

mentionnés. L'ensemble de ces modèles demande des données expérimentales telles que celles de la Fig.1 pour être employé par exemple.

Pour rendre compte de la variation de pression et de composition, deux approches peuvent être envisagées. La première consiste à avoir un modèle compositionnel du fluide assez détaillé et une courbe de floculation. Il est alors possible d'extrapoler le modèle dans le domaine voisin de celui du calage du modèle. La seconde méthode consiste à déterminer des courbes de floculation en fonction de la pression pour différentes compositions de fluide afin de pouvoir générer un réseau de courbes de floculation dans le domaine d'intérêt. Ces deux approches s'avèrent inutilisables dans la pratique dans le cadre des logiciels de simulation industriels. La première approche est difficilement envisageable car elle demande d'inclure dans ces simulateurs un modèle compositionnel détaillé du fluide, ce qui s'avère très coûteux en temps de calcul. La deuxième approche est également trop coûteuse mais cette fois en temps d'expérimentation : l'acquisition de données de floculation sous pression est longue et délicate et il n'est pas envisageable d'accumuler les courbes pour un nombre élevé de compositions de fluides.

La méthode selon l'invention

Nous proposons ici une méthode alternative qui permet, à partir des résultats d'une étude expérimentale de floculation sous pression d'un fluide de référence unique et de lois d'homothétie, de déduire très simplement les courbes de floculation sous pression de fluides apparentés, issus du fluide de référence. Ces fluides apparentés sont issus de la déplétion du fluide de référence. La méthode selon l'invention permet l'intégration d'un modèle de floculation dans un simulateur industriel selon un modèle simplifié. Ces lois d'homothétie peuvent être obtenues en utilisant un modèle compositionnel détaillé ou à l'aide de lois plus générales selon le degré d'incertitude que l'on accepte.

La méthode selon l'invention consiste donc à étudier expérimentalement un fluide asphalténique sous pression afin d'en déduire son comportement précis. Il est alors possible de réaliser une modélisation de ce fluide, puis une étude sur ce modèle qui conduit à définir les paramètres d'homothétie nécessaires à la prédiction des courbes de floculation de fluides apparentés. C'est ce modèle simple d'homothétie, ainsi que la courbe expérimentale du fluide de référence, qui sont ensuite insérés dans un simulateur industriel. On peut alors prédire les quantités d'asphaltènes floculés pour des conditions de pression

et de composition variables. Par exemple, dans un simulateur de réservoir, ces dépôts asphalténiques vont conduire à une modification de la perméabilité du réservoir et à une modification de la production. La prise en compte de la floculation des asphaltènes va donc permettre de mieux simuler la vie du gisement d'hydrocarbure et de la productivité des puits par exemple.

10 La méthode selon l'invention peut aisément être traduite sous la forme d'un module de traitement (pré-processeur) adapté à générer une bibliothèque de courbes de floculation sous déplétion à partir d'une courbe expérimentale. Dans un simulateur de réservoir, ce pré-processeur peut être spécifique à chaque champ étudié, d'autant plus que la courbe de floculation du fluide de référence est extrapolable dans des conditions proches du calage, ou bien plus générique à partir de l'analyse d'un nombre plus important de champs pétroliers. En effet, le réseau de courbes peut être, par exemple, normé par la pression de bulle et les quantités d'asphaltènes. Les formules d'homothétie obtenues alors sont tout à fait généralisables et extrapolables d'un fluide pétrolier à un autre.

En d'autres termes, la méthode selon l'invention permet de modéliser les conditions de floculation sous pression de fluides hydrocarbonés apparentés issus d'un fluide de référence comportant une mesure expérimentale de la courbe de floculation sous pression du fluide de référence.

20 L'invention telle que revendiquée vise donc plus précisément une méthode d'optimisation de l'exploitation d'un champs ou d'un gisement pétrolier par une détermination des risques de floculation d'alphaltènes dans un fluide de référence en modélisant les conditions de floculation de fluides hydrocarbonés sous pression pour des fluides apparentés issus d'une détente de pression ou déplétion dudit fluide de référence, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes:

- on mesure expérimentalement la courbe de floculation sous pression du fluide de référence;
- on définit des lois d'homothétie permettant d'accéder aux courbes de floculation correspondantes des fluides apparentés;

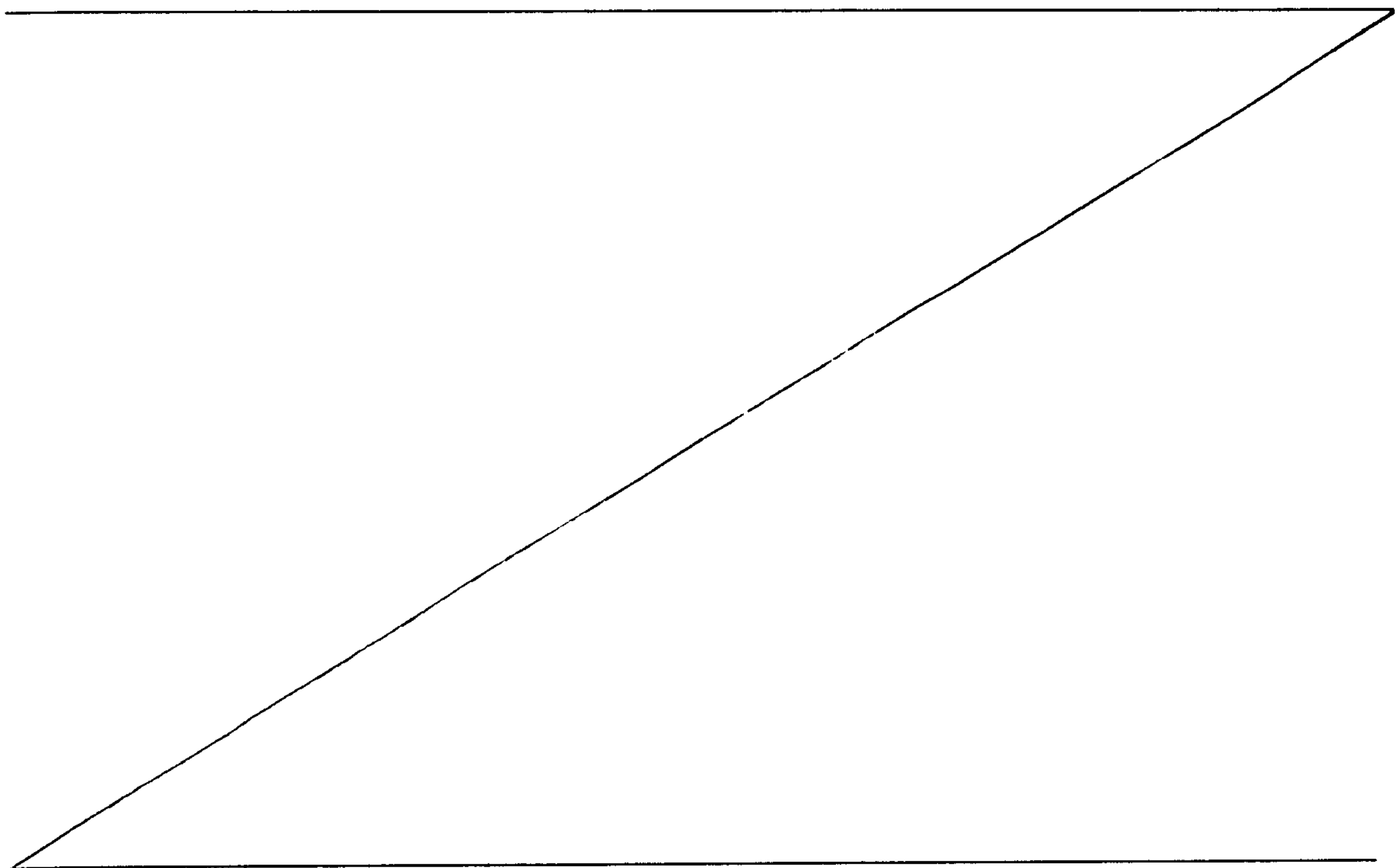
4a

- on intègre les lois d'homothétie et la courbe de floculation sous pression du fluide de référence dans un simulateur industriel selon un modèle compositionnel simplifié;
- on détermine les risques de floculation des asphaltènes dans le fluide de référence au cours de traitements imposant des modifications de pression, en utilisant ledit simulateur industriel; et
- on optimise l'exploitation du champ ou du gisement pétrolier en fonction des risques déterminés de floculation des asphaltènes dans le fluide.

Suivant un premier mode de mise en œuvre dans laquelle on détermine des lois d'homothétie par les étapes suivantes:

10

- on applique au fluide de référence un modèle compositionnel détaillé pour déterminer son comportement asphalténique;
- on simule des compositions de fluides apparentés, issus du fluide de référence;
- on simule des compositions de fluides apparentés, issus du fluide de référence ;



- on détermine un ensemble ou bibliothèque de courbes de floculation des fluides apparentés en utilisant le modèle ;
- on définit des paramètres d'homothétie nécessaires à la prédiction à partir de la bibliothèque de courbes de floculation des fluides apparentés.

5 Suivant un autre mode de mise en œuvre, on détermine des lois d'homothétie en utilisant un modèle général de lois d'homothétie utilisant des normes telles que la pression de bulle et les quantités d'asphaltènes maximales floculées ou toute autre grandeur macroscopique facilement accessible à l'expérimentateur.

10 La méthode comporte par exemple l'application des données de floculation à un simulateur industriel pour déterminer des conditions d'apparition de la floculation.

La méthode permet également de déterminer l'impact de la floculation sur les propriétés physico-chimiques du milieu environnement le fluide.

15 On peut déterminer les risques de floculation des fluides apparentés par exemple en appliquant des données de floculation à un simulateur industriel appliquant un modèle compositionnel simplifié.

Par la méthode, on peut également déterminer la variation de perméabilité du réservoir.

20 Par application de la méthode, en utilisant les propriétés homothétiques des courbes de floculation, on peut éviter de longues et fastidieuses séries d'études des fluides apparentés résultant de détentes ou déplétions appliqués à des fluides sous pression susceptibles de floculer.

Présentation sommaire des figures

Les caractéristiques et avantages de la méthode et du dispositif selon l'invention, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- 25
- la Fig.1 montre l'allure d'une courbe de floculation sous pression ;
 - la Fig. 2 schématise la méthode selon l'invention ;

- la Fig. 3 montre le fractionnement d'un fluide pétrolier selon le protocole d'analyse décrite par Szewczyk et Béhar ;
- la Fig.4 montre l'allure de réseau de courbes de floculation d'un premier brut pétrolier ;
- la Fig.5 montre l'allure de réseau de courbes de floculation d'un deuxième brut
5 pétrolier ;
- la Fig.6 montre des exemples de courbes de floculation pour un fluide de référence et deux fluides apparentés associés lorsqu'ils sont produits à une pression supérieure à la pression de bulle ; et
- la Fig.7 montre des exemples de courbes de floculation pour un fluide de référence et
10 deux fluides apparentés associés lorsqu'ils sont produits à une pression inférieure à la pression de bulle.

DESCRIPTION DETAILLEE

Un organigramme de la méthode selon l'invention est indiqué sur la Fig. 2. Dans un premier temps, on mène une étude expérimentale du fluide de référence. Ce dernier peut
15 être un fluide de gisement, un fluide de réservoir, un résidu lourd ou tous autres mélanges d'hydrocarbures pouvant induire une floculation des asphaltènes sous pression. En sus de l'étude classique PVT, il faut accéder à des données de floculation sous pression, c'est-à-dire mesurer la quantité de dépôt d'asphaltènes selon la pression. Cette étude peut être par exemple menée par filtration sous pression du fluide de gisement. Pour modéliser le
20 comportement asphalténique de fluides apparentés, (autrement appelé fluide père dans le cours de la description) issus de détente du fluide de référence (ou fluide fils, idem), on applique ensuite des lois d'homothétie. Ces lois peuvent être obtenues de deux manières comme on va le voir ci-après.

1) Lois d'homothétie en utilisant un modèle compositionnel

25 A partir des données expérimentales obtenues sur ce fluide de référence, il est possible de réaliser sa modélisation d'un point de vue asphalténique, en utilisant un modèle compositionnel détaillé.

On peut par exemple employer le modèle proposé par Szewczyk et Béhar (1999) dans la publication déjà citée. Ce modèle s'appuie sur une description détaillée du fluide telle que fournie par la figure 3. Pour les hydrocarbures de la fraction F6, chaque molécule est parfaitement bien identifiée. Pour la fraction d'hydrocarbures entre F6 et F10, chaque famille d'isomères est représentée par une molécule type. Pour la fraction F11-F20, un pseudo constituant est caractérisé à partir de données analytiques et de méthodes de contribution de groupes. Enfin, les quatre fractions F20+ : saturés, aromatiques, résines et asphaltènes sont représentées par un pseudo composé chacune dont les propriétés sont fournies par des méthodes de contributions de groupes. Ce modèle compositionnel est ensuite couplé à des calculs d'équilibre de phase liquide – liquide - vapeur. L'apparition d'une seconde phase liquide représentant la phase asphaltènes. Pour calculer ces équilibres, ces auteurs utilisent l'équation de Peng et Robinson couplée aux lois de mélange d'Abdoul et Péneloux, toutes bien connues des gens de l'art, soit:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a(T)}{v(v+\gamma b)}$$

- 15 avec v : le volume molaire non corrigé
 b : le covolume
 $a(T)$: le paramètre d'interaction

De manière standard, P est la pression du système, T sa température, R est la constante des gaz parfaits et γ est une constante valant 4,82843 pour l'équation de Peng et Robinson.
 20 L'expression de $a(T)$ s'écrit sous la forme suivante :

$$a(T) = a(T_C) \alpha(T_R, \omega)$$

avec :

$$a(T_C) = 0,45724 \frac{R^2 T_C^2}{P_C} \quad \alpha(T_R, \omega) = \left(1 + m(1 - T_R^{0,445})\right)^2$$

$$m = \frac{\sqrt{1,12754 + 0,51725\omega - 0,0373\omega^2} - 1}{1 - 0,7^{0,445}} \quad T_R = \frac{T}{T_C}$$

Le covolume est défini selon :

$$b = 0,04557 \frac{RT_c}{P_c}$$

Le volume molaire "vrai", V , s'obtient grâce à une translation de volume c selon :

$$V = v - c$$

où :

$$c = (0,08315 - 0,4406Z_{RA}) \frac{RT_c}{P_c}$$

Z_{RA} est le facteur de compressibilité de Rackett.

L'ensemble de ces définitions est valable pour des corps purs. Pour un mélange, chaque corps i possède ces propres propriétés critiques, a_i, b_i, c_i , définies comme ci-dessus. Pour considérer l'ensemble du mélange comme un unique constituant obéissant au même formalisme, des règles de mélanges sont appliquées aux propriétés critiques des corps purs pour acquérir les paramètres globaux du système a, b, c . Dans ce modèle, les lois d'Aboul et Péneloux sont employées. Les références suivantes fournissent les détails de ce modèle :

- Abdoul, W., 1987, Une méthode de contribution de groupes applicable à la corrélation et la prédiction des propriétés thermodynamiques des fluides pétroliers, Thèse de l'université d'Aix-Marseille III, France; et
- Péneloux, A., Abdoul, W. And Rauzy, E., 1989, Excess functions and equation of state, Fluid Phase Equilibria, 47, 115.

Connaissant la modélisation thermodynamique du fluide de référence, on peut alors générer les compositions détaillées de fluides apparentés, issus de détente. On peut ensuite étudier ces fluides apparentés du point de vue de la floculation des asphaltènes avec le modèle thermodynamique. On génère ainsi une bibliothèque de courbes de floculation sous pression pour le fluide de référence et les fluides apparentés. L'étape suivante consiste à déterminer des lois de variation assez générales de l'ensemble de la bibliothèque. Par exemple, ces lois peuvent être des fonctions polynomiales de la pression de bulle, du rapport gaz-huile (Gas-Oil-Ratio) ou toute autre grandeur opératoire accessible facilement à l'expérimentateur.

Sur différents fluides, on a observé que l'ensemble des courbes de floculation forment un réseau de courbes homothétiques; les Fig.4 et 5 qui montrent l'évolution du taux

d'asphaltènes floculés avec la pression dans le cas de deux fluides subissant des expériences de différentielles (libération d'un gaz associé lors d'une détente) illustrent ces résultats.

2) Lois d'homothétie générales

- 5 L'application de la méthode proposée dans le paragraphe précédent sur plusieurs fluides a montré que les réseaux de courbes peuvent être normés par la quantité d'asphaltènes présentes et par la pression de bulle. Cela nous conduit à proposer des lois d'homothétie plus générales, capables de représenter les courbes de floculation sous pression de fluides apparentés. Par exemple, nous considérons une courbe donnant les asphaltènes floculés en
- 10 fonction de la pression (courbe du fluide de référence de la Fig.6). Pour une pression P comprise entre la pression seuil (P seuil) de floculation et la pression de bulle, le fluide de référence va conduire à la création d'un dépôt d'asphaltènes et d'un fluide apparenté. Si l'on n'ajoute pas d'asphaltènes à ce fluide apparenté, il aura la pression P comme pression de seuil de floculation. En supposant que la quantité d'asphaltènes n'influe pas sur la
- 15 pression de bulle, le fluide apparenté possède donc la même pression de bulle que le fluide de référence. A ce stade, il existe deux manières de calculer le maximum de la courbe de floculation du fluide apparenté. La première consiste à écrire que :

$$\max = \frac{\text{quantité floculée max père} - \text{quantité floculée}}{\text{quantité totale asph. père} - \text{quantité floculée}}$$

- La seconde voie considère que la pente de la courbe d'asphaltènes floculés en fonction de
- 20 la pression est conservée d'où :

$$\max = \text{quantité floculée max père} - \text{quantité floculée}$$

Si le fluide apparenté entre en contact avec de nouveaux asphaltènes, on peut alors calculer la quantité maximale d'asphaltènes floculés de la manière suivante :

$$\max = \frac{\text{quantité floculée max père} - \text{quantité floculée} + \text{asph. sup pl.}}{\text{quantité totale asph. père} - \text{quantité floculée} + \text{asph. sup pl.}}$$

- 25 Dans ces conditions, on conserve la pente de la courbe de floculation du fluide de référence pour estimer la pression seuil de floculation. Pour les pressions inférieures à la pression de bulle, on fait une homothétie à partir de cette pression de bulle et de la quantité maximale d'asphaltènes. La figure 6 résume cette possibilité de modélisation.

Supposons maintenant que la détente du fluide initial se fasse à une pression inférieure à la pression de bulle. Le fluide apparenté produit possède donc une pression de bulle égale à la pression de détente. Si on n'ajoute pas d'asphaltènes à ce fluide, il est stable pour des pressions supérieures à sa pression de bulle. En deçà de sa pression de bulle, le fluide est également stable vis à vis des asphaltènes : en diminuant sa pression, on va continuer à libérer des flocculants et donc rendre le fluide de plus en plus solvant vis à vis des asphaltènes. En revanche, si des asphaltènes sont ajoutés, le nouveau maximum de la courbe de floculation est calculé selon :

$$\max = \frac{\text{asph. suppl.}}{\text{asph. soluble} + \text{asph. suppl.}}$$

- 10 On conserve les mêmes pentes que le fluide de référence pour obtenir les seuils de floculation. La figure 7 présente ces deux cas.

Les lois d'homothétie, définies ci-dessus, permettent donc de restituer un ensemble de courbes de floculation pour des fluides apparentés à partir de la courbe expérimentale du fluide de référence. Cette approche est tout à fait intégrable dans un simulateur industriel où l'on ne possède pas les informations nécessaires à une représentation détaillée : les fluides sont souvent décrits de manière simplifiée comme comportant seulement quelques constituants : de l'eau, un constituant hydrocarbure lourd et un constituant hydrocarbure léger par exemple (modèle dit "Black-oil"). En revanche ces approches contiennent les informations de bilan de matière et de pression de bulle et la méthode selon l'invention peut parfaitement s'intégrer dans cette démarche. Les problèmes de temps calcul évoqués plus haut pour des modèles compositionnels complexes ne sont pas présents. La seule donnée expérimentale obligatoire de ce modèle est la courbe de floculation sous pression du fluide de référence. Il est ainsi possible d'estimer les courbes de floculation sous pression des fluides apparentées issus de déplétion.

- 25 La méthode permet de déterminer les quantités d'asphaltènes qui flocculent aux différents stades de développement d'un champ ou d'un gisement par exemple.

Cette information est alors directement utilisable par exemple pour modéliser la modification de porosité du réservoir ou du gisement. En utilisant des équations classiques de type Karman-Kozerny bien connues des spécialistes, la variation de perméabilité du milieu peut être prédite. Cela a un impact direct sur la production du champ.

REVENDICATIONS

1. Méthode d'optimisation de l'exploitation d'un champs ou d'un gisement pétrolier par une détermination des risques de floculation d'asphaltènes dans un fluide de référence en modélisant les conditions de floculation de fluides hydrocarbonés sous pression pour des fluides apparentés issus d'une détente de pression ou déplétion dudit fluide de référence, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes:

- on mesure expérimentalement la courbe de floculation sous pression du fluide de référence;
- on définit des lois d'homothétie permettant d'accéder aux courbes de floculation correspondantes des fluides apparentés;
- on intègre les lois d'homothétie et la courbe de floculation sous pression du fluide de référence dans un simulateur industriel selon un modèle compositionnel simplifié;
- on détermine les risques de floculation des asphaltènes dans le fluide de référence au cours de traitements imposant des modifications de pression, en utilisant ledit simulateur industriel; et
- on optimise l'exploitation du champ ou du gisement pétrolier en fonction des risques déterminés de floculation des asphaltènes dans le fluide.

2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine les lois d'homothétie en utilisant les étapes suivantes:

- on applique au fluide de référence un modèle compositionnel détaillé pour déterminer son comportement asphalténique;
- on simule des compositions de fluides apparentés, issus du fluide de référence;
- on détermine un ensemble ou bibliothèque de courbes de floculation des fluides apparentés en utilisant le modèle; et

- on définit des paramètres d'homothétie nécessaires à la prédiction à partir de la bibliothèque de courbes de floculation des fluides apparentés.
3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine les lois d'homothétie en utilisant un modèle général de lois d'homothétie utilisant des normes.
 4. Méthode selon la revendication 3, caractérisée en ce que les normes utilisées sont des normes de pression de bulle ou des quantités d'asphaltènes maximales floculées.
 5. Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce
10 qu'elle comporte l'application des données de floculation au simulateur industriel pour déterminer des conditions d'apparition de la floculation.
 6. Méthode selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'on détermine l'impact de la floculation sur les propriétés physico-chimiques d'un milieu environnant le fluide de référence.

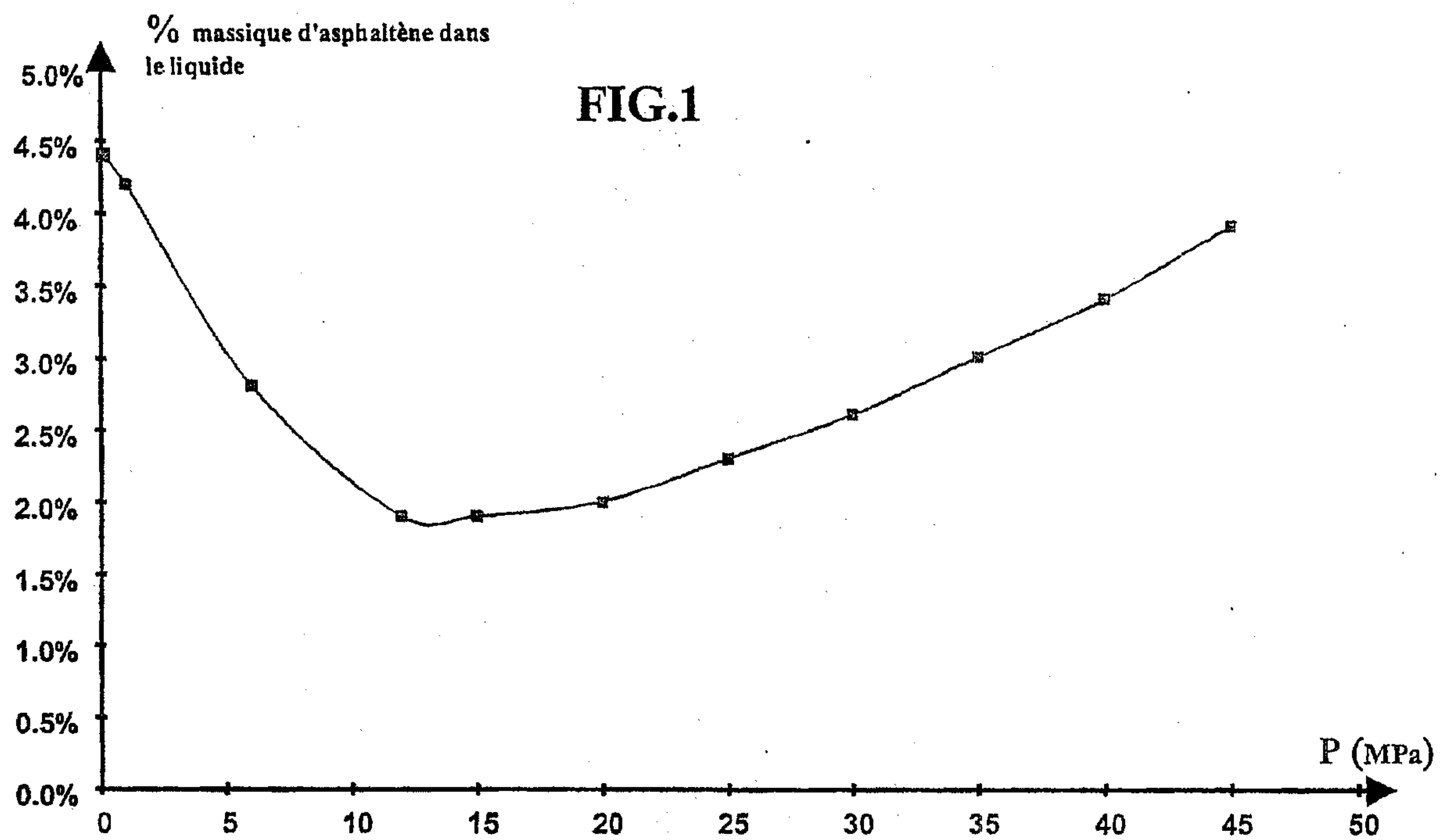
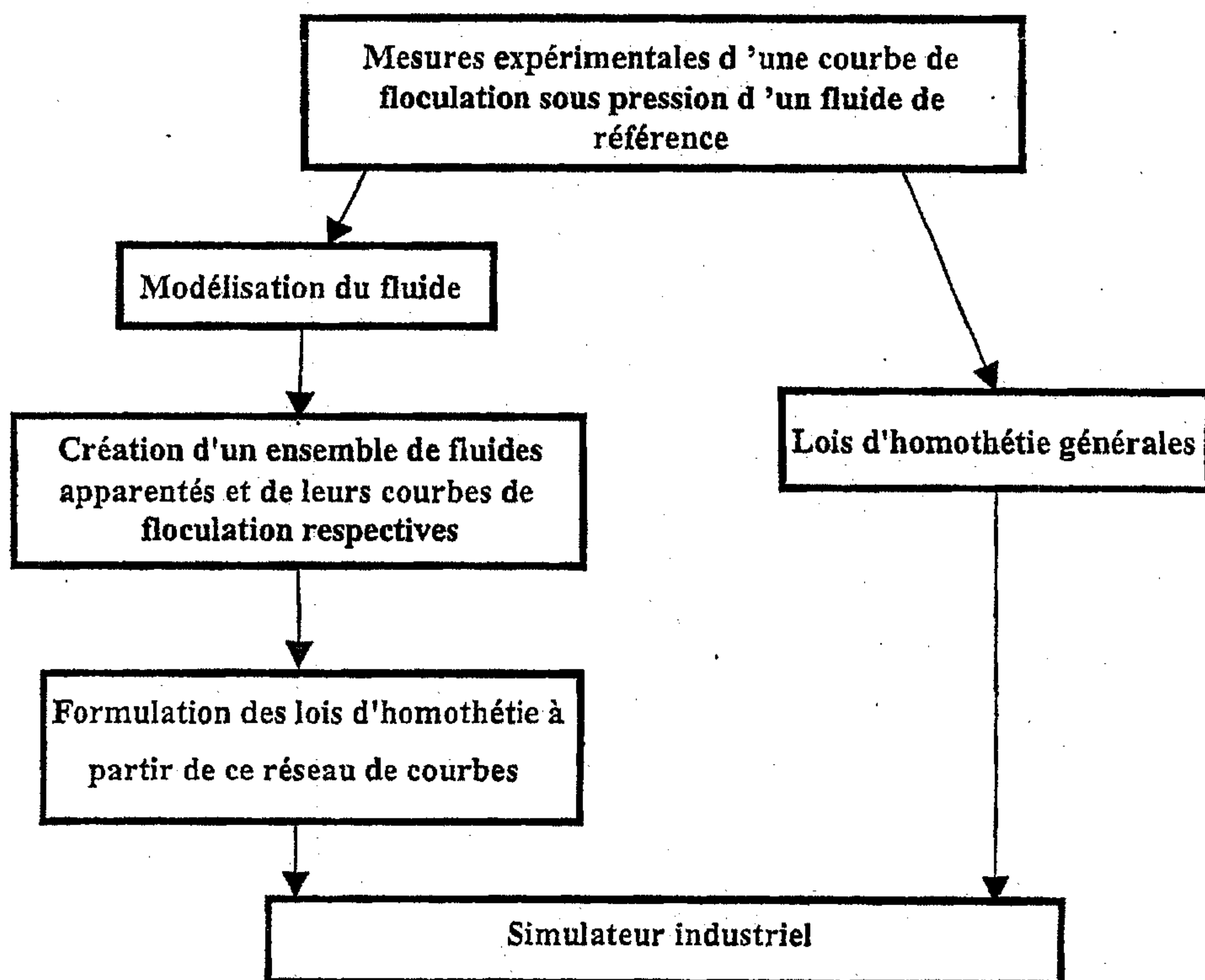
**FIG.2**

FIG.3

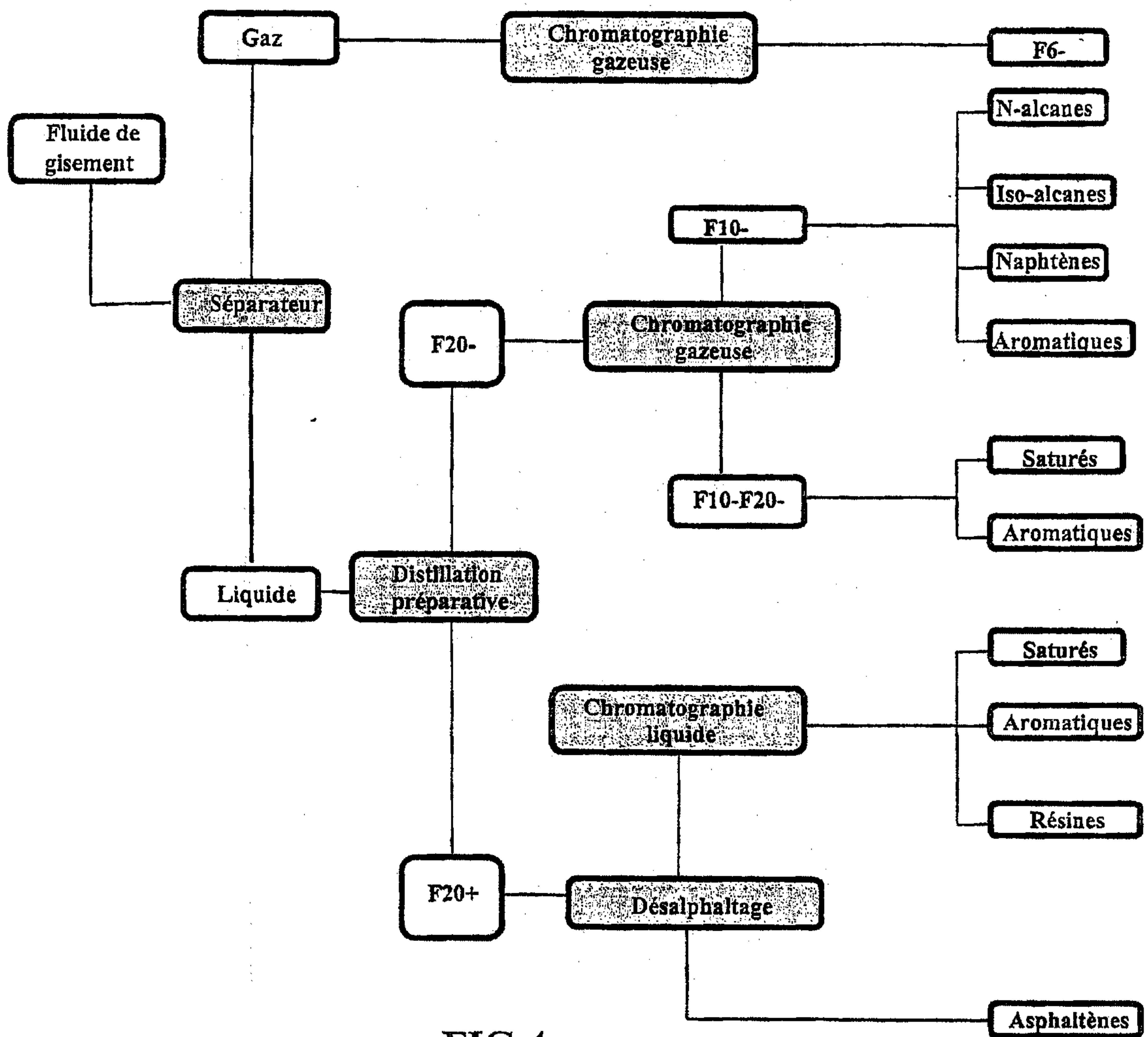


FIG.4

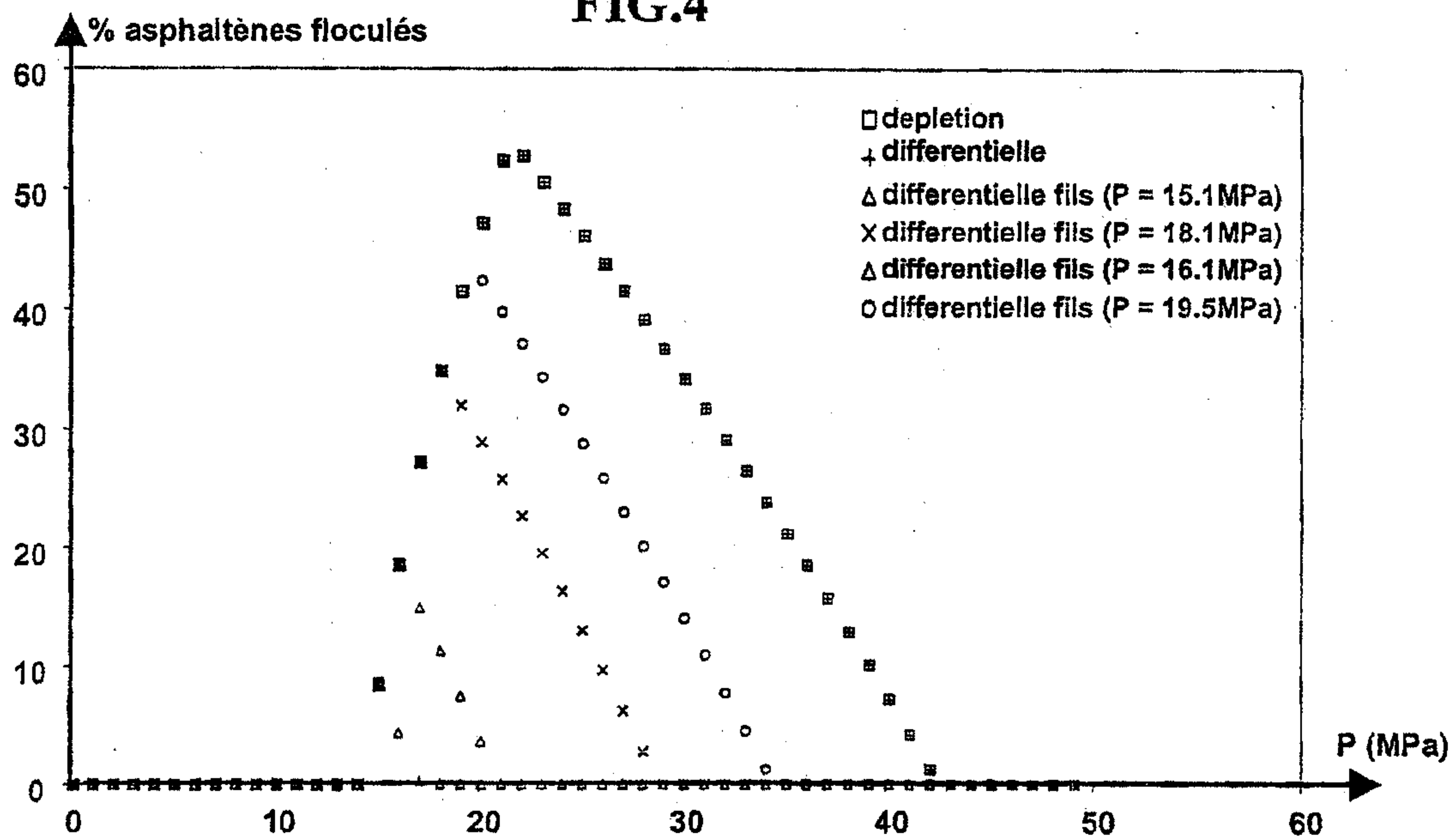


FIG.5

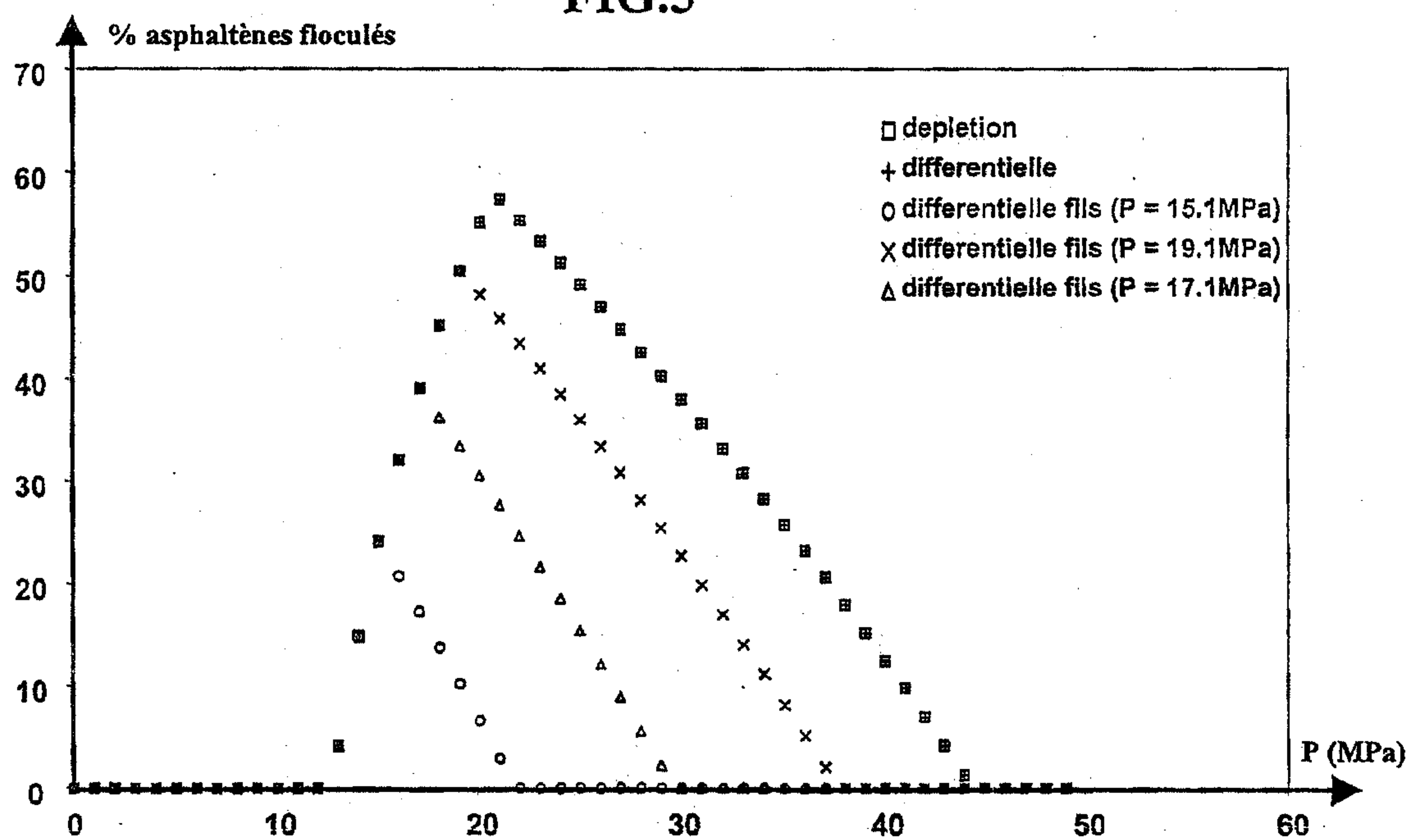


FIG.6

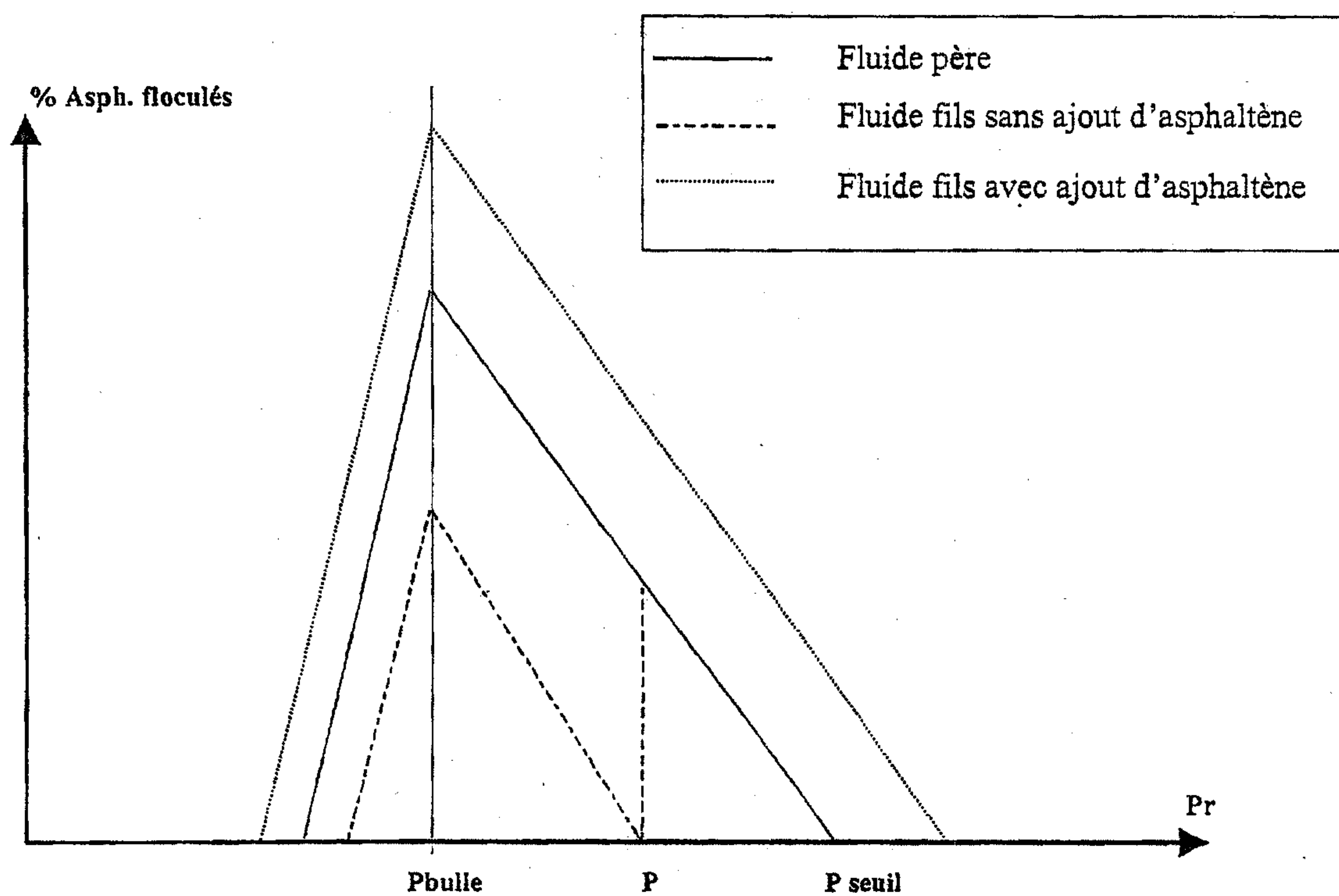
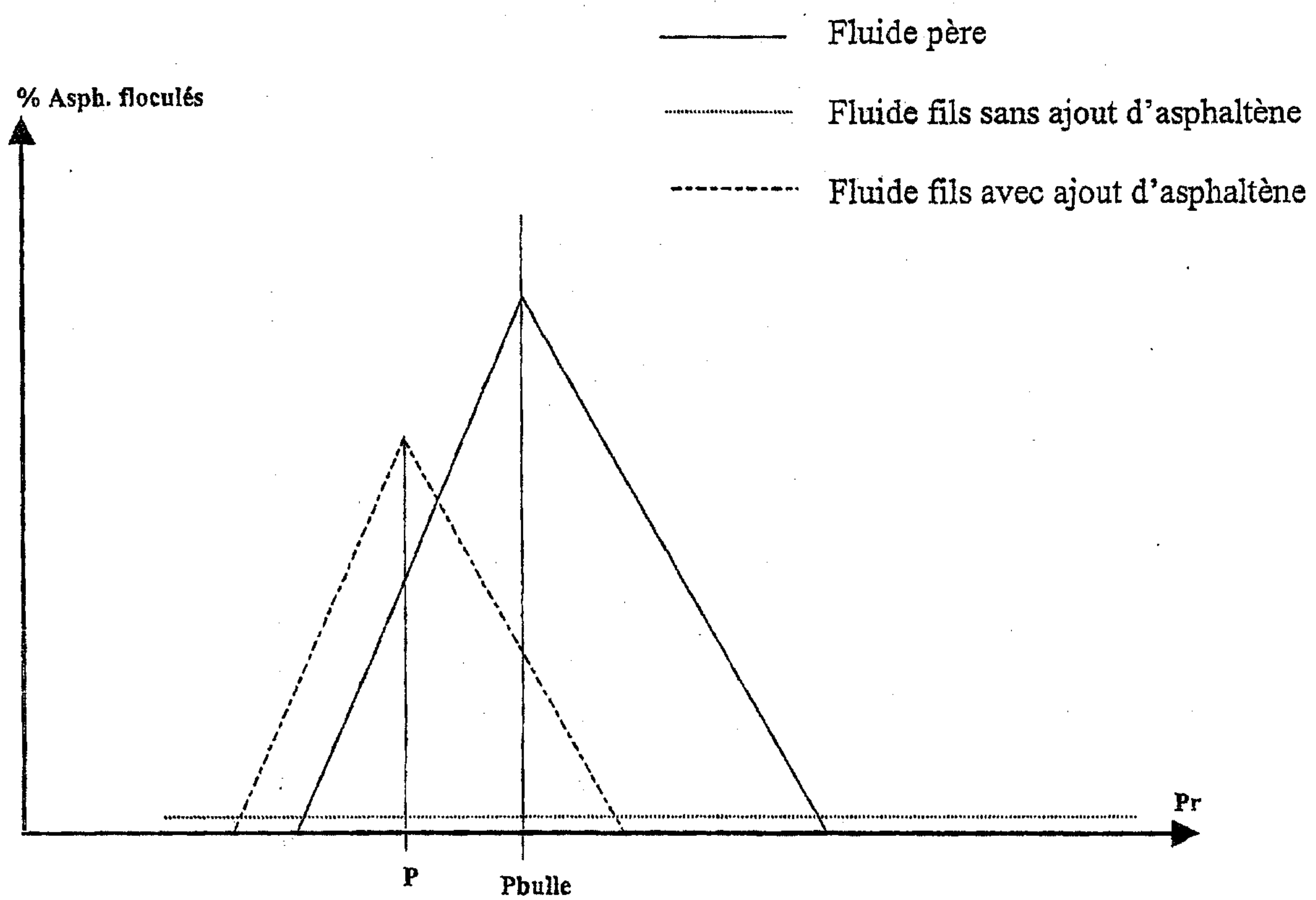


FIG.7



**Mesures expérimentales d'une courbe de
floculation sous pression d'un fluide de
référence**

Modélisation du fluide

**Création d'un ensemble de fluides
apparentés et de leurs courbes de
floculation respectives**

**Formulation des lois d'homothétie à
partir de ce réseau de courbes**

Lois d'homothétie générales

Simulateur industriel

