



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2002/02/04

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2002/08/07

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2009/04/21

(30) Priorité/Priority: 2001/02/07 (FR01 01 750)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01N 21/41* (2006.01),  
*G01N 33/28* (2006.01)

(72) Inventeur/Inventor:  
MOUGIN, PASCAL, FR

(73) Propriétaire/Owner:  
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : METHODE ET DISPOSITIF POUR PREDIRE LE SEUIL DE FLOCCULATION D'ASPHALTENES CONTENUS  
DANS DES MELANGES D'HYDROCARBURES

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PREDICTING THE FLOCCULATION THRESHOLD OF ASPHALTENES  
CONTAINED IN HYDROCARBON MIXTURES

(57) **Abrégé/Abstract:**

La méthode comporte les étapes suivantes: - on détermine l'indice de réfraction de plusieurs asphaltènes servant de référence ;  
- on détermine expérimentalement, pour des conditions thermodynamiques définies, la variation de l'indice de solubilité en relation avec l'indice de réfraction de constituants hydrocarbonés incluant des hydrocarbures légers et des asphaltènes de référence ; - on en déduit une relation de corrélation modélisant cette variation de l'indice de solubilité ; Ces opérations préalables ayant été réalisées, - on détermine l'indice de réfraction des asphaltènes du mélange d'hydrocarbures dans les mêmes conditions thermodynamiques et par référence à la dite relation de corrélation, on en déduit l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange ; et - à partir de l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange et d'un modèle thermodynamique d'équilibre, on prédit directement leur seuil de floculation. - Applications à la détermination rapide en laboratoire des risques de floculation d'asphaltènes susceptibles de gêner la production et l'acheminement de bruts pétroliers en vue de mettre en oeuvre rapidement des solutions visant à les prévenir.

## PRECIS DE LA DIVULGATION :

Méthode et dispositif pour prédire le seuil de floculation d'asphaltènes contenus dans des mélanges d'hydrocarbures.

La méthode comporte les étapes suivantes :

- on détermine l'indice de réfraction de plusieurs asphaltènes servant de référence ;
- on détermine expérimentalement, pour des conditions thermodynamiques définies, la variation de l'indice de solubilité en relation avec l'indice de réfraction de constituants hydrocarbonés incluant des hydrocarbures légers et des asphaltènes de référence ;
- on en déduit une relation de corrélation modélisant cette variation de l'indice de solubilité ;

Ces opérations préalables ayant été réalisées,

- on détermine l'indice de réfraction des asphaltènes du mélange d'hydrocarbures dans les mêmes conditions thermodynamiques et par référence à la dite relation de corrélation, on en déduit l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange ; et
- à partir de l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange et d'un modèle thermodynamique d'équilibre, on prédit directement leur seuil de floculation.
- Applications à la détermination rapide en laboratoire des risques de floculation d'asphaltènes susceptibles de gêner la production et l'acheminement de bruts pétroliers en vue de mettre en œuvre rapidement des solutions visant à les prévenir.

METHODE ET DISPOSITIF POUR **PREDIRE** LE SEUIL DE FLOCCULATION  
D'ASPHALTENES CONTENUS DANS DES MELANGES D'HYDROCARBURES

La présente invention concerne une méthode et un dispositif de prédiction rapide du  
5 seuil de floculation d'asphaltènes à partir de la mesure de leur indice de réfraction optique.

La méthode trouve des applications notamment dans la production ou le transport de produits pétroliers pour prédire la floculation des asphaltènes et les combattre par différents procédés.

Lors de leur extraction ou de leur transport, les bruts pétroliers sont soumis à des  
10 variations de température, pression, cisaillement ainsi qu'à des opérations modifiant leur composition. Ces modifications peuvent conduire à la floculation de composants lourds du brut tels que les asphaltènes. Comme ce précipité ne se redissout pas spontanément, il peut entraîner, au fur et à mesure de son accumulation, l'obturation de canalisations, d'une partie de la matrice poreuse de la formation ou d'un grain de catalyseur. Les dépôts résultants de  
15 la précipitation des asphaltènes sont les principales causes d'interventions au cours du traitement de la chaîne pétrolière. Il apparaît donc nécessaire de pouvoir prédire à temps la floculation des asphaltènes, pour mieux l'éviter ou la combattre.

**Etat de la technique**

La mesure du seuil de floculation consiste à ajouter progressivement dans une  
20 solution d'asphaltènes, un flocculant qui peut, selon les normes être du pentane, de l'heptane, etc.. On peut distinguer les méthodes suivantes :

a) un test dit à la tache : les asphaltènes flocculés diffusent moins vite que le liquide environnant lorsque le mélange est déposé sur un papier filtre. Une tache uniforme correspond à une absence d'asphaltènes flocculés, tandis qu'une zone noire au milieu de la  
25 tache correspond à une floculation

b) une méthode optique par diffusion de la lumière dans le proche infrarouge pour suivre en continu et in situ l'apparition du seuil telle que décrite par exemple dans le brevet

FR 2 647 903 du demandeur. Ce seuil est défini comme la quantité minimale de flocculant à ajouter à la solution pour voir se former les premiers agrégats d'asphaltènes.

D'autres techniques ont été développées depuis : diffusion de la lumière (UV et visible), taille des particules, analyse gravimétrique, analyse de la fluorescence optique, de la viscosité, de la conductivité électrique, de la conductivité thermique. Elles sont toutes basées sous le même principe : l'ajout de flocculant se traduit par deux effets : dilution de l'échantillon et augmentation de la taille des agrégats. En deçà du seuil, l'effet de dilution l'emporte. Le passage du seuil se traduit par une forte augmentation de la taille des agrégats et cet effet l'emporte sur la dilution.

Une méthode possible de détermination de seuil de floculation consiste à préparer au temps  $t_0$  différentes solutions d'asphaltènes dans du toluène auxquelles on ajoute des concentrations différentes d'heptane par exemple. Tout de suite après (à  $t_0+1mn$  par exemple), on mesure son indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre d'un type connu. On utilise par exemple le réfractomètre d'Abbe dont le principe consiste essentiellement à mesurer l'angle critique de réflexion totale d'un faisceau de lumière tombant sur un dioptré composé d'un prisme en saphir, d'indice élevé (1,7), et de l'échantillon que l'on désire mesurer. Le dioptré ainsi constitué est "éclairé" par une source lumineuse présentant une distribution angulaire qui lui permet d'atteindre l'ensemble des incidences correspondant aux limites de la gamme de mesures accessible par l'appareil. Puis après un intervalle de temps fixé ( $t_0+5mn$  par exemple suivant le protocole expérimental choisi), on observe les différentes solutions au microscope pour voir si les asphaltènes flocculent (cf. Fig. 1). On sait que la polarisabilité d'un mélange de constituants, sous certaines hypothèses, est la somme des contributions de chacune des fractions constituant ce mélange. Si les volumes de mélange sont idéaux (sans volume d'excès), s'il n'y a pas de réaction chimique lorsque les composants sont mélangés et si les perturbations, des oscillateurs individuels, liées à la présence de voisins de nature chimique différente ne sont pas trop importantes, en désignant par  $N_j$  le nombre d'atomes de chacun des composants par unité de volume total, on peut écrire l'équation de Clausius Mosotti :

$$3 \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \sum_j N_j \alpha_j \quad (1)$$

où  $\alpha_j$  est la polarisabilité du constituant j.

On établit donc (Fig.2) la courbe de variation de la fonction ( $n_s = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$ ), de l'indice de réfraction n en fonction, en abscisse, de la fraction volumique du titrant du mélange ( $1 - \Phi$ ) ( $\Phi$ , fraction volumique en heptane des différentes solutions) et l'on repère sur la courbe obtenue le premier point pour lequel on observe un début de floculation. La valeur de l'indice de réfraction en ce point représente l'indice de réfraction  $n_{SF}$  au seuil de floculation. Plus la fraction volumique  $\Phi$  sera faible, plus l'asphaltène aura tendance à floculer. Le danger de floculation des asphaltènes varie par conséquent en raison inverse de  $\Phi$ .

Pour être précise, cette méthode connue demande l'examen comparatif d'un nombre important de solutions de titrages différents en heptane, et par conséquent un temps d'expérimentation important.

D'autre part, par Wang J., et al : « Improved Modeling of the Onset of Asphaltene Flocculation », 2<sup>nd</sup> International Conference on Petroleum & Gas Phase Behavior and Fouling », Copenhagen, August 2000, on connaît une méthode de modélisation où l'on considère les solutions asphalténiques comme un mélange binaire d'un solvant (les maltènes) et d'un soluté (les asphaltènes) et où l'on utilise un modèle de type Flory-Huggins bien connu des spécialistes pour prédire leur floculation. L'enthalpie libre de mélange  $\Delta G_m$  est donnée par la relation suivante :

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m \quad (2)$$

Le terme entropique est celui de Flory-Huggins qui fait intervenir les fractions molaires (x) et les fractions volumiques ( $\phi$ ) :

$$\Delta S_m = -R(x_1 \ln \phi_1 + x_2 \ln \phi_2) \quad (3)$$

Pour sa part, le terme enthalpique fait intervenir les paramètres de solubilité du solvant et du soluté à travers le paramètre d'interaction  $\chi$  :

$$\Delta H_m = RTx_1\phi_2\chi \quad (4)$$

$$\chi = \frac{v_1}{RT} (\delta_2 - \delta_1)^2 \quad (5)$$

Dans ces expressions, les indices 1 et 2 correspondent respectivement au solvant et au soluté. Le paramètre d'interaction  $\chi$  fait intervenir les paramètres de solubilité d'Hildebrand  $\delta$ . Or ces paramètres sont définis à partir des densités d'énergie de cohésion.  $\delta_1$  et  $\delta_2$  sont donc des mesures des énergies de cohésion du solvant et des agrégats d'asphaltènes respectivement. L'expression de l'enthalpie libre de mélange permet de déterminer les potentiels chimiques des deux espèces (solvant et soluté). La floculation des asphaltènes est alors traitée de manière classique comme une séparation de phase.

Lorsque l'on modélise un ajout de flocculant nC7 par exemple, on modifie les paramètres relatifs au solvant : ( $\delta_1$ ,  $v_1$ ) et les fractions molaires du solvant et du soluté. Ce faisant, la courbe d'enthalpie libre se modifie, (cf. figure 4) . Pour de faibles proportions de flocculant ( $\phi_p$ ), l'enthalpie libre est concave en tout point et aucune séparation de phase n'est favorable du point de vue de l'énergie. Par contre, à fortes proportions de flocculant, l'enthalpie libre possède un domaine convexe, et une séparation de phase intervient. On peut en effet tracer une tangente à la courbe qui donne deux mélanges en équilibre de phase. Le modèle permet ainsi, connaissant la qualité du solvant, de définir si le système est stable ou s'il existe une séparation de phases.

Dans ce modèle, le seuil de floculation est défini comme étant le cas pour lequel la courbe d'enthalpie libre passe d'une situation concave à convexe. En d'autre terme, il s'agit du passage d'un système stable monophasique à un système à deux phases. Cela se traduit par l'existence d'un point d'inflexion à tangente nulle sur la courbe d'enthalpie libre. Mathématiquement, en utilisant les potentiels chimiques des deux espèces, on peut écrire :

$$\ln(1 - \phi_2) + \left(1 - \frac{1}{m}\right)\phi_2 + \chi(\phi_2)^2 = \ln(\phi_2) + (1 - m)(1 - \phi_2) + m\chi(1 - \phi_2)^2 \quad (6)$$

où  $m$  est le rapport des volumes molaires du soluté et du solvant.

Cependant, les prédictions que l'on pourrait faire par la méthode de modélisation de Wang et al. pour relier le paramètre  $\delta$  de solubilité des asphaltènes à la fonction d'indice de réfraction correspondent mal avec les résultats expérimentaux que l'on peut réaliser.

### La méthode et le dispositif selon l'invention

La méthode selon l'invention permet de prédire rapidement le seuil de floculation d'asphaltènes contenus dans des mélanges d'hydrocarbures. Elle comporte les étapes suivantes :

- 5    - on détermine l'indice de réfraction ( $n_A$ ) de plusieurs asphaltènes servant de référence ;
- on détermine expérimentalement, pour des conditions thermodynamiques définies, la variation de l'indice de solubilité ( $\delta$ ) en relation avec l'indice de réfraction de constituants hydrocarbonés incluant des hydrocarbures légers et des asphaltènes de référence ;
- 10   - on en déduit une relation de corrélation modélisant cette variation de l'indice de solubilité ( $\delta$ ) ;

Ces opérations préalables ayant été réalisées,

- on détermine l'indice de réfraction ( $n_A$ ) des asphaltènes du mélange d'hydrocarbures dans les mêmes conditions thermodynamiques et par référence à la dite relation de corrélation, on en déduit l'indice de solubilité ( $\delta$ ) des asphaltènes du dit mélange ; et
- 15   - à partir de l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange et d'un modèle thermodynamique d'équilibre, on prédit directement leur seuil de floculation.

On peut déterminer par exemple la variation de l'indice de réfraction ( $n_A$ ) par extrapolation à partir de plusieurs valeurs mesurées d'indices de réfraction, obtenues pour  
20 plusieurs solutions de concentration relativement faibles de ces asphaltènes dans des solvants.

Le dispositif selon l'invention permet de prédire le seuil de floculation d'asphaltènes contenus dans un mélange donné d'hydrocarbures. Il comporte un réfractomètre, et un système adapté à déterminer expérimentalement, dans des conditions  
25 thermodynamiques définies, l'indice de réfraction ( $n_A$ ) d'asphaltènes, à déterminer les variations de l'indice de solubilité ( $\delta$ ) en relation avec des variations de l'indice de réfraction de constituants hydrocarbonés connus incluant des hydrocarbures légers et de plusieurs asphaltènes de référence connus, à en déduire une relation de corrélation

modélisant ces variations de l'indice de solubilité ( $\delta$ ), et à appliquer cette relation de corrélation à un modèle thermodynamique d'équilibre pour prédire directement le seuil de floculation des asphaltènes contenus dans le dit mélange d'hydrocarbures.

Le système comporte au moins un ordinateur programmé et selon les cas, un ensemble de mise en solution d'asphaltènes dans un solvant à concentration variable.

### Présentation sommaire des figures

D'autres caractéristiques et avantages de la méthode et du dispositif selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de mise en œuvre, en se référant aux dessins annexés où :

- 10 - la Fig.1 montre un cliché de microscopie optique d'une solution d'asphaltènes dans un mélange de toluène et heptane au seuil de floculation ;
- la Fig.2 montre un exemple de titration dans le cas d'un système « synthétique » où l'indice relatif  $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$  est représenté en fonction de la fraction volumique de titrant du mélange :  $\phi$  (heptane), l'observation au microscope optique ayant permis d'indiquer si  
15 l'échantillon est homogène (○) ou floculé (●) ;
- la Fig.3 montre les variations de l'indice de réfraction pour différents types d'asphaltènes étudiés ;
- la Fig.4 montre les variations de l'enthalpie libre de mélange ;
- la Fig.5 montre la corrélation qui existe entre paramètre de solubilité et indice de  
20 réfraction selon le modèle de Wang (courbe A) et le modèle selon l'invention (courbe B) ;
- la Fig. 6 montre un diagramme de stabilité d'asphaltènes (1% poids) de nature différente dans un mélange bon/mauvais solvant dont les proportions sont indiquées par la loi de mélange de Clausius Mosotti ; et
- 25 - la Fig.7 représente un schéma synoptique du dispositif de mise en œuvre.

### Description détaillée

La méthode selon l'invention comporte, dans un premier temps, la détermination de l'indice de réfraction d'asphaltènes pour plusieurs valeurs différentes de la fraction volumique  $\Phi$  d'asphaltènes dans un solvant tel que le toluène. On établit la courbe de variation (sensiblement linéaire) en fonction de  $\Phi$  au moins pour quelques valeurs faibles de  $\Phi$ , autant que le permet le réfractomètre utilisé. Un réfractomètre optique classique tel que le réfractomètre d'Abbe, présente en effet des limites dès lors qu'il s'agit d'analyser des milieux noirs fortement absorbants, comme peuvent l'être les solutions d'asphaltènes pour les valeurs de  $\Phi$  relativement élevées. De ce fait, il est nécessaire de multiplier les points de mesure pour améliorer la précision et donc les dilutions à effectuer. L'indice de réfraction étant sensible à la température ( $dn/dT$  est de l'ordre de quelques  $10^{-4}$  UR/°C), toutes les mesures sont réalisées à une température contrôlée de 28°C par exemple. La détermination de  $n_A$  se fait par extrapolation à 100% d'asphaltènes de la droite de régression par moindres carrés. Comme le montre la figure 1, les concentrations mesurées se situent en deçà de 5% en poids d'asphaltènes. L'intervalle de confiance sur la valeur extrapolée est relativement important et dépend :

- du nombre de points de mesure ;
- de la dispersion des valeurs autour de la droite moyenne ;
- de la masse volumique des asphaltènes supposée ici constante.

Les résultats concernant l'indice de réfraction des asphaltènes de différentes provenances sont regroupés sur la figure 3.

La méthode selon l'invention comporte ensuite la détermination d'une relation permettant de relier les variations du paramètre de solubilité  $\delta$  avec l'indice relatif de réfraction  $n_A$  et satisfaisant aux mesures expérimentales aussi bien pour les hydrocarbures légers : n-alcanes jusqu'à C10, connus par la littérature (partie A de la courbe de la Fig.5), et pour les fractions beaucoup plus lourdes dont les indices de réfraction sont significativement plus élevés. Ayant lié les valeurs du paramètre de solubilité  $\delta$  avec l'indice de réfraction  $n_A$  pour deux solutions d'asphaltènes pour lesquelles nous avons calé les paramètres de solubilité sur les mesures de seuils de floculation, on peut établir alors une courbe complétée (partie B de la Fig.5) de la courbe de variation du paramètre de solubilité  $\delta$  et une relation de corrélation qui lisse les données concernant les n-alcanes, le toluène et deux asphaltènes :

$$\delta = -43,357 \left( \frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)^{3/4}} \right)^2 + 64,767 \left( \frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)^{3/4}} \right) - 1,5719$$

Cette relation est valable dans certaines conditions thermodynamiques fixées et doit bien entendu être adaptée aux conditions de température et de pression dans lesquels les asphaltènes sont analysés.

5 Nous utilisons alors cette relation de corrélation pour prédire les seuils de floculation d'autres solutions d'asphaltènes.

La figure 6 présente les résultats sous la forme de la différence entre l'indice des asphaltènes  $n_A$  et l'indice au seuil de floculation  $n_{SF}$  en fonction de l'indice des asphaltènes  $n_A$ . Les points représentés par des carrés noirs ont été obtenus par la méthode  
10 expérimentale décrite dans l'état de la technique avec observation de différentes solutions au microscope pour observer la floculation des asphaltènes (cf. Fig. 1 ). D'autres points représentés par des triangles noirs ont été reportés provenant de la littérature disponible dans le domaine.

On vérifie que la courbe obtenue de modélisation C que l'on obtient par application  
15 de la méthode correspond très bien aux différents points expérimentaux.

On utilise les variations ainsi modélisées comme données d'entrée dans un modèle thermodynamique d'équilibre tel que le modèle de Flory -Huggins déjà cité pour prédire directement le seuil de floculation des asphaltènes dans le mélange d'asphaltènes étudié. Sur cette courbe, on a également reporté l'indice d'une résine ( $n \approx 1,58$  ) et on peut  
20 constater avec le modèle qu'il n'y a pas de floculation de cette résine avec l'heptane. En fait, si l'indice des asphaltènes est en deçà de 1,65, le modèle ne prédit pas de floculation. Alors que le modèle est ajusté sur deux mesures de seuil de floculation, les autres points expérimentaux sont entièrement prédits.

Le dispositif de mise en œuvre, comporte un réfractomètre 2 de type connu (un  
25 réfractomètre d'Abbe par exemple) et un système comprenant un ordinateur ou station de travail 3 adapté :

- à déterminer expérimentalement par extrapolation (cf. Fig.2), dans des conditions thermodynamiques définies, l'indice de réfraction ( $n_A$ ) d'asphaltènes,

- à déterminer les variations de l'indice de solubilité ( $\delta$ ) en relation avec des variations de l'indice de réfraction  $n$  de constituants hydrocarbonés connus incluant des hydrocarbures légers et de plusieurs asphaltènes de référence connus (cf. Fig. 5),
- à en déduire une relation de corrélation (19) modélisant ces variations de l'indice de solubilité ( $\delta$ ), et à appliquer cette relation de corrélation à un modèle thermodynamique d'équilibre pour prédire directement le seuil de floculation des asphaltènes contenus dans le dit mélange d'hydrocarbures.

Pour déterminer les indices de réfraction, il faut, comme on l'a vu, déterminer la pente d'une droite (cf. Fig.2) joignant différents points correspondant à différentes fractions volumiques  $\Phi$ .

Si l'on dispose d'un réfractomètre 2 capable d'effectuer des mesures sur des solutions comportant une fraction volumique  $\Phi$  élevée (proche de 0,5 par exemple), une seule mesure d'indice de réfraction peut suffire car le point obtenu est très éloigné (cf. Fig.2) de celui correspondant du solvant pur (l'heptane par exemple) dont on connaît l'indice de réfraction.

Si l'on ne dispose que d'un réfractomètre fonctionnant pour des valeurs faibles de la fraction volumique  $\Phi$  dans le solvant, il faut pour trouver la bonne valeur de la pente, multiplier les mesures de l'indice de réfraction ( $n_A$ ) pour des taux de dilution élevés des asphaltènes, différents mais proches les uns des autres. Le dispositif comporte dans ce cas un ensemble 1 de dilution permettant d'obtenir différents degrés (relativement faibles) de concentration d'asphaltènes dans les solvants, de façon à multiplier les mesures d'indice de réfraction.

L'ordinateur 3 est adapté à déterminer les valeurs des indices ( $n_A$ ) des asphaltènes à partir des mesures fournies par le réfractomètre 2. Il est adapté également à déterminer la relation de corrélation modélisant le lien entre les indices de solubilité ( $\delta$ ) et des variations de l'indice de réfraction, qui va servir ensuite pour déterminer directement la valeur de ce même indice de solubilité ( $\delta$ ) des asphaltènes dans les mélanges à étudier dans les mêmes conditions thermodynamiques.

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définis comme il suit :

1) Méthode pour prédire le seuil de floculation d'asphaltènes contenus dans un mélange d'hydrocarbures, caractérisée en ce que :

- 5 - on détermine l'indice de réfraction de plusieurs asphaltènes servant de référence ;
- on détermine expérimentalement, pour des conditions thermodynamiques définies, la variation de l'indice de solubilité en relation avec l'indice de réfraction de constituants hydrocarbonés incluant des hydrocarbures légers et des asphaltènes de référence ;
- on en déduit une relation de corrélation modélisant cette variation de l'indice de  
10 solubilité ;
- on détermine l'indice de réfraction des asphaltènes du mélange d'hydrocarbures dans les mêmes conditions thermodynamiques et par référence à la dite relation de corrélation, on en déduit l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange ; et
- à partir de l'indice de solubilité des asphaltènes du dit mélange et d'un modèle  
15 thermodynamique d'équilibre, on prédit directement leur seuil de floculation.

2) Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine la variation de l'indice de réfraction par extrapolation à partir de valeurs mesurées d'indices de réfraction, obtenues pour plusieurs solutions de concentration relativement faibles de ces asphaltènes dans des solvants.

- 20 3) Dispositif pour prédire le seuil de floculation d'asphaltènes contenus dans un mélange donné d'hydrocarbures, caractérisé en ce qu'il comporte un réfractomètre, et un système adapté à déterminer expérimentalement, dans des conditions thermodynamiques définies, l'indice de réfraction d'asphaltènes, à déterminer les variations de l'indice de solubilité en relation avec des variations de l'indice de réfraction de constituants  
25 hydrocarbonés connus incluant des hydrocarbures légers et de plusieurs asphaltènes de référence connus, à en déduire une relation de corrélation modélisant ces variations de l'indice de solubilité, et à appliquer cette relation de corrélation à un modèle

thermodynamique d'équilibre pour prédire directement le seuil de floculation des asphaltènes contenus dans le dit mélange d'hydrocarbures.

4) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le système comporte un ordinateur programmé.

5            5) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le système comporte un ordinateur programmé et un ensemble de mise en solution d'asphaltènes dans un solvant à concentration variable.

Application number/ Numéro de demande :

2370088

Documents of poor quality scanned

(request original documents in File Prep. Section on the 10<sup>th</sup> floor)

Documents de piètre qualité numérisés

(Pour obtenir les documents originaux, veuillez vous adresser à la Section de préparation des dossiers, située au 10<sup>e</sup> étage)

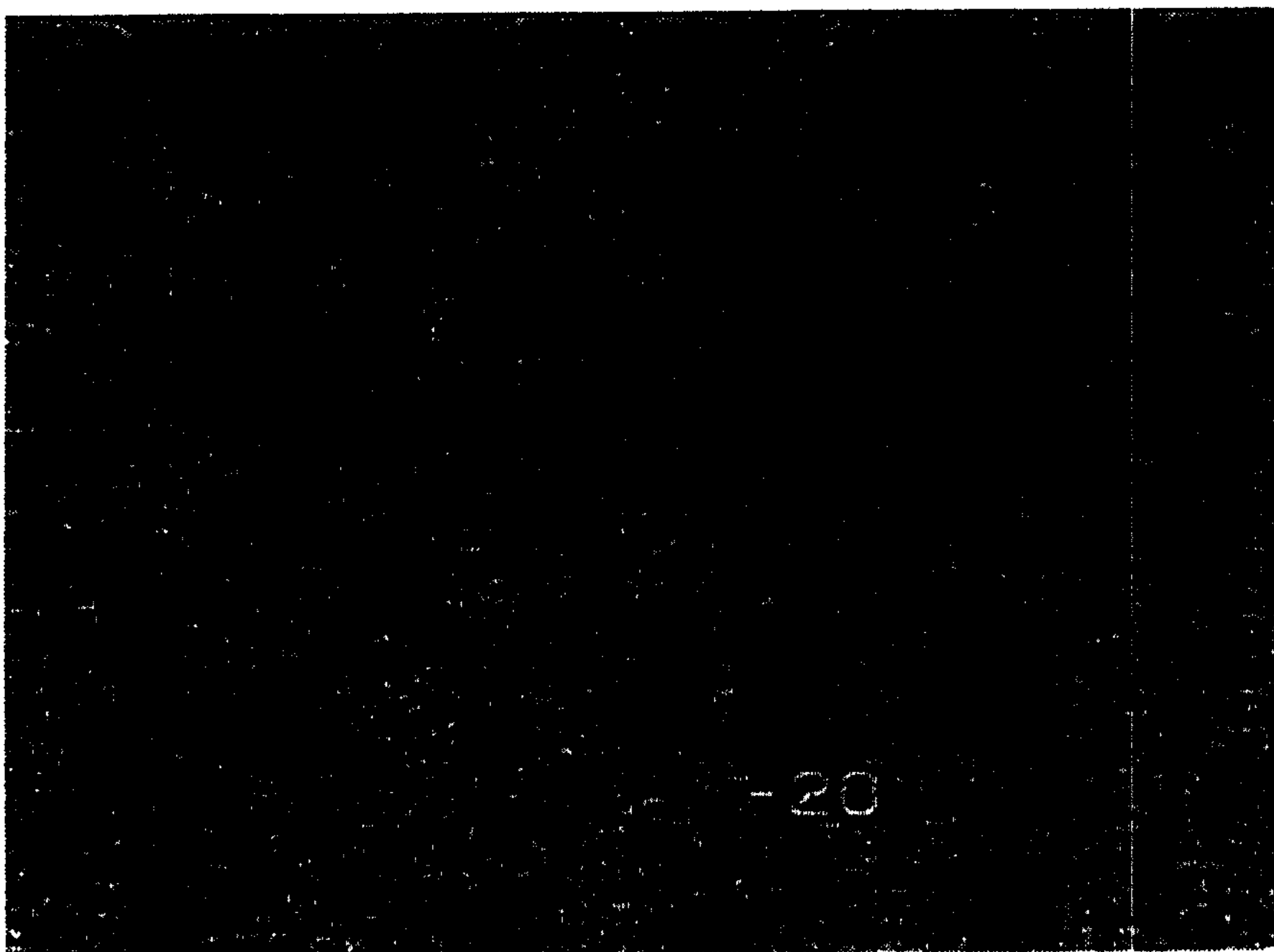


Fig.1

FIG.2

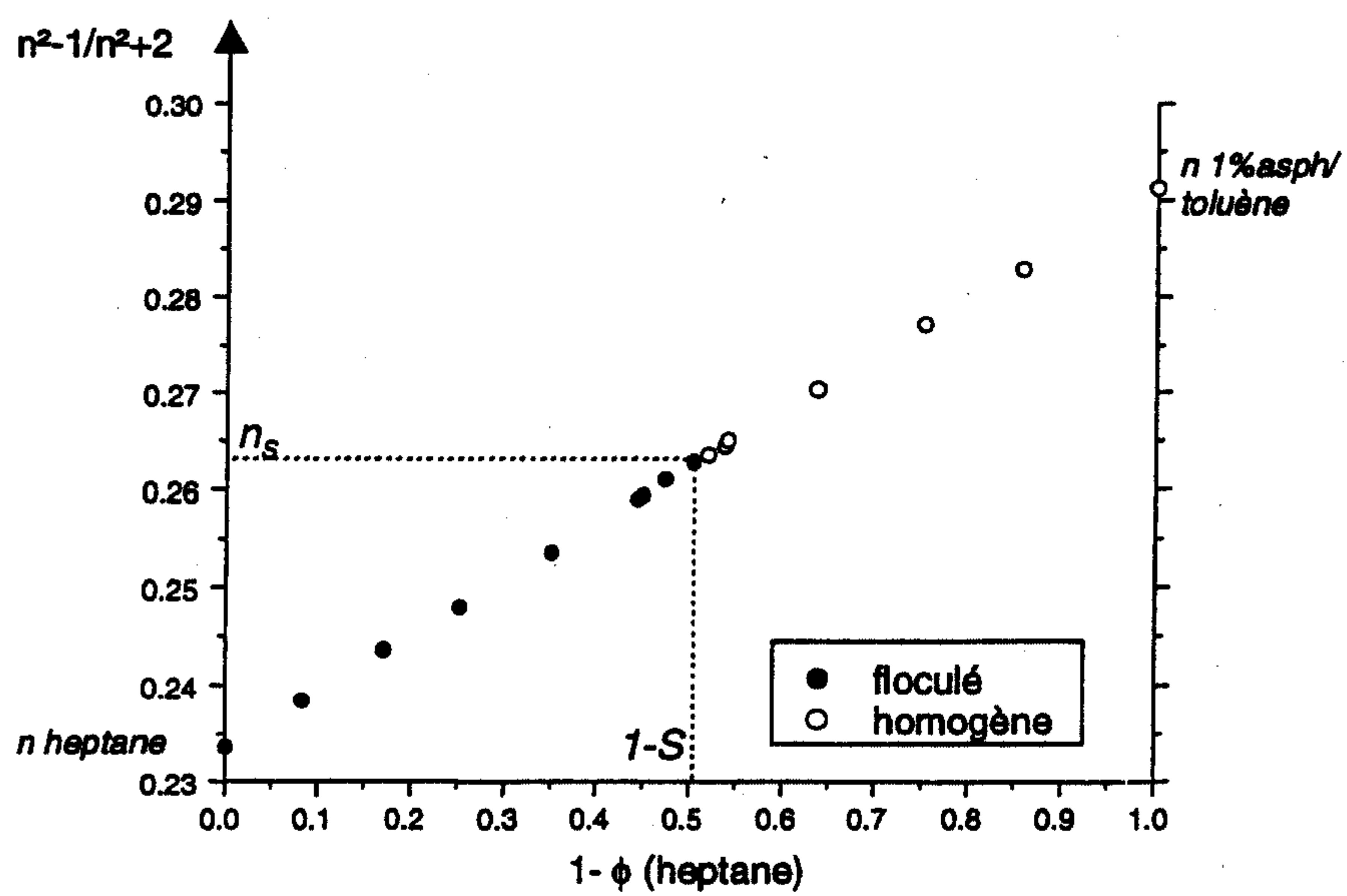


FIG.3

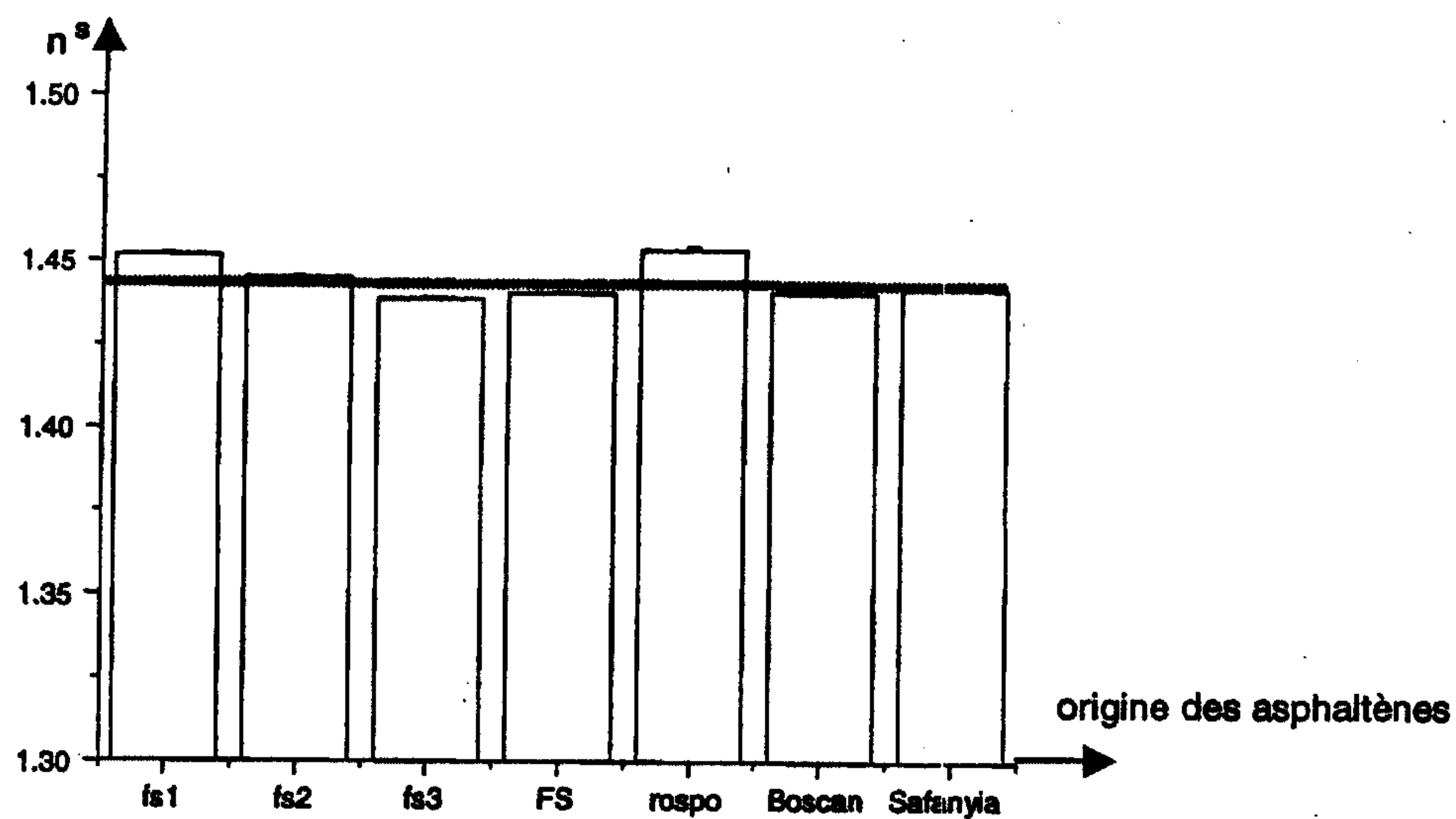


FIG.4

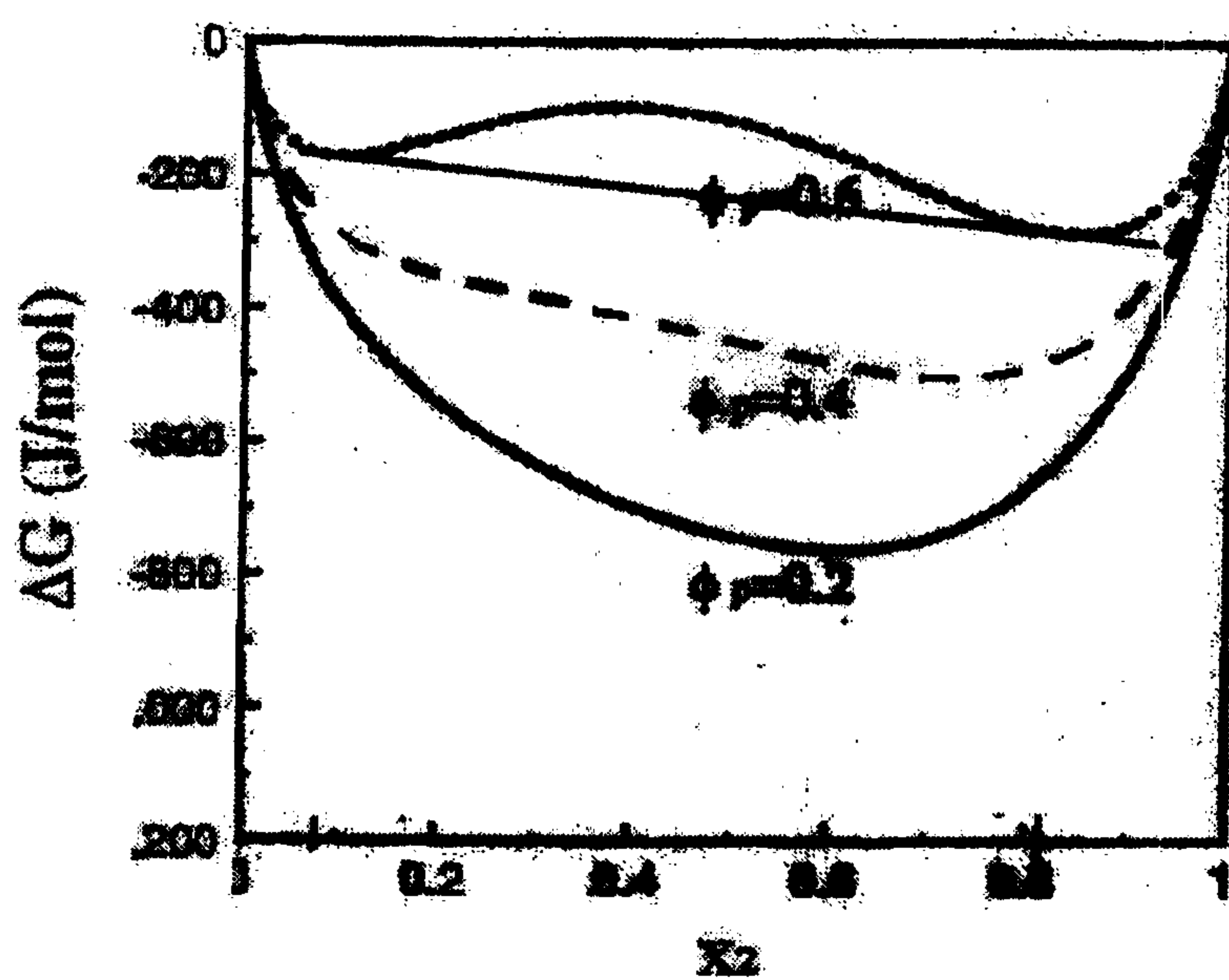


FIG.5

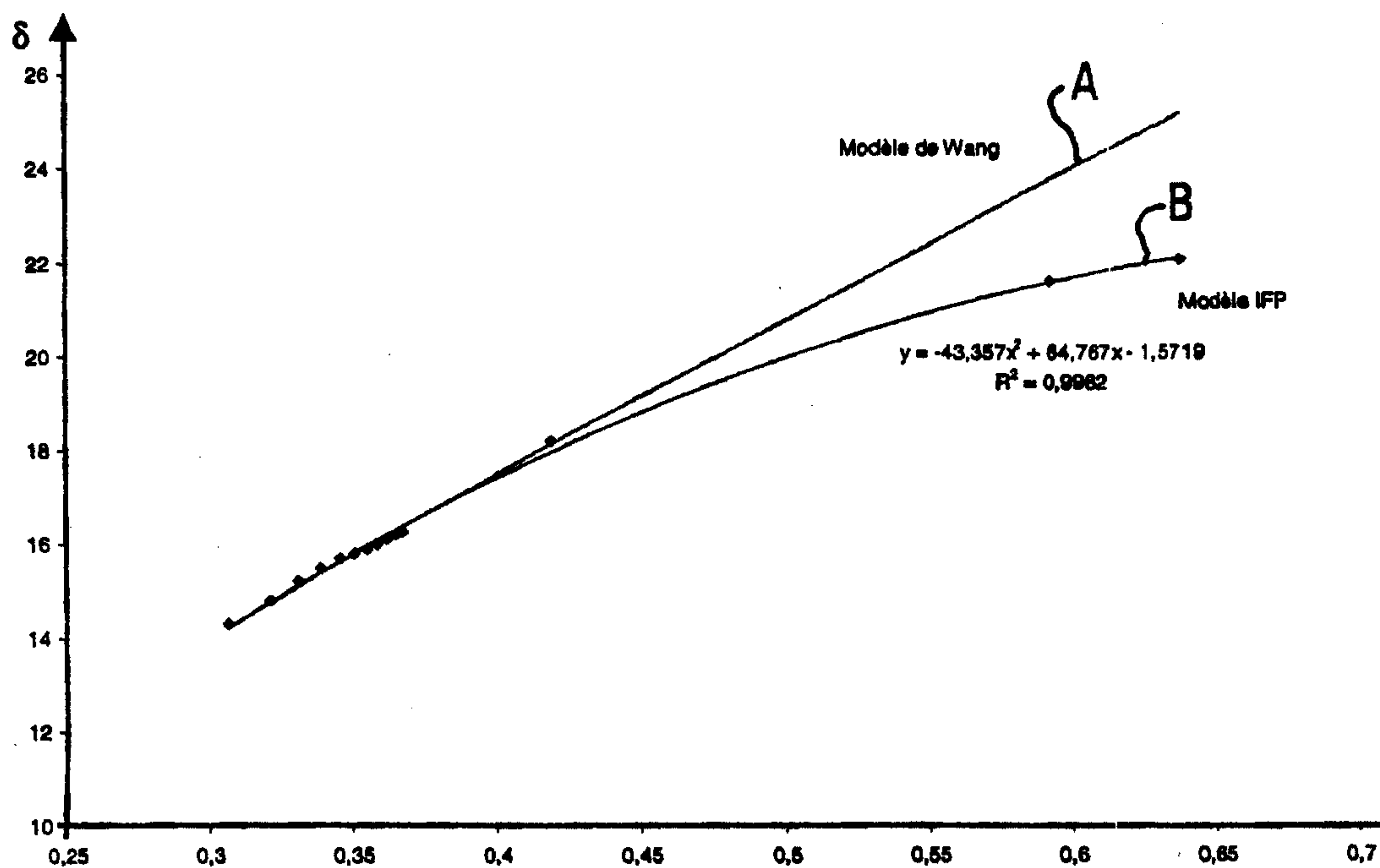


FIG.6

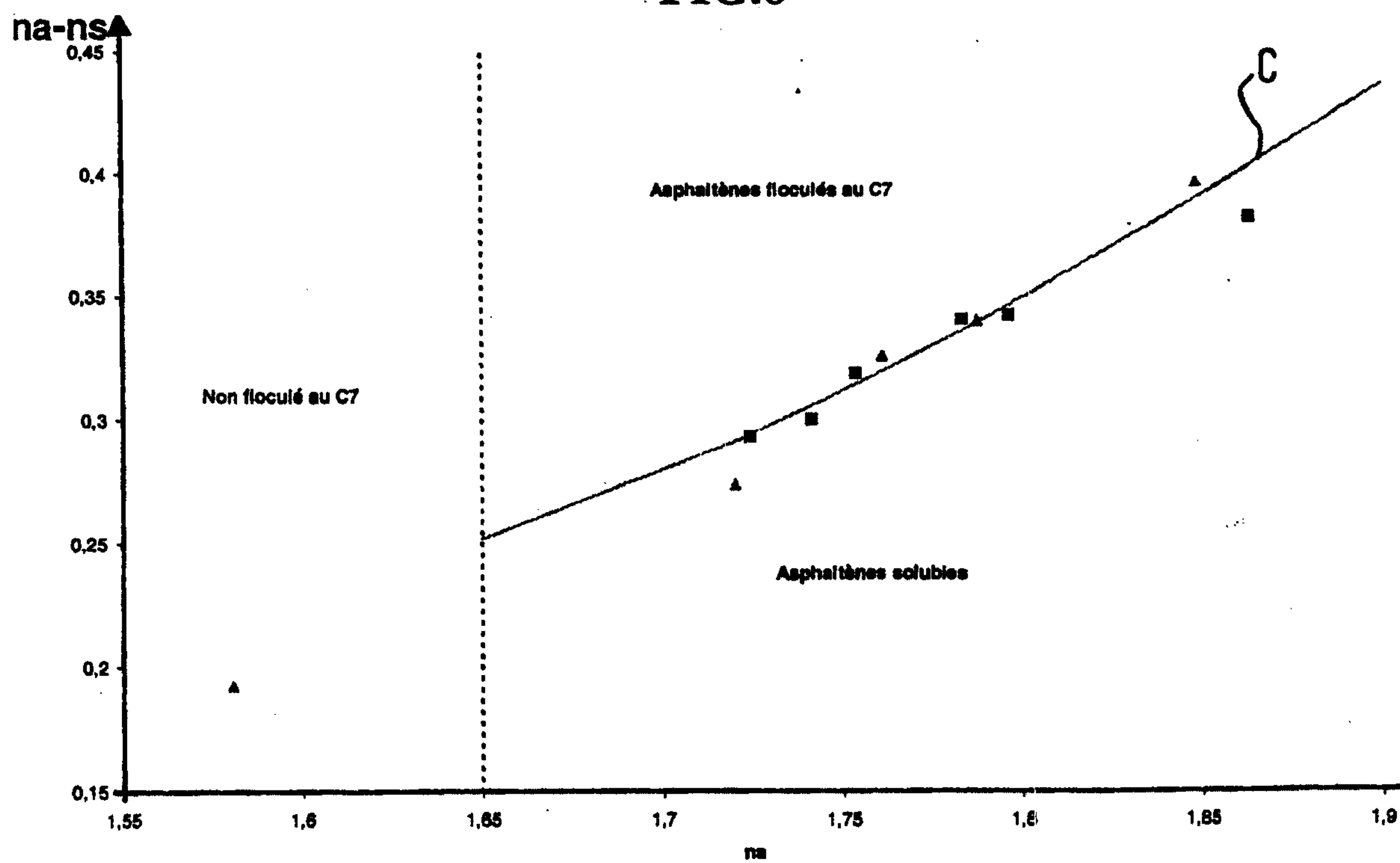


FIG.7

