

République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Centre universitaire de Ouargla
Département de chimie industrielle

Mémoire de fin d'études

*En vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état en chimie
industrielle*

Option : Génie des procédés

Thème

Etude

des propriétés physiques

des solutions de carboxyméthylcellulose

Dirigé par :
M^r SAOULLI SALAH

Présenté par :
M^r BOUCHER RAFIK

Promotion : 2000

Remerciements

Je remercie Dieu, le tout puissant, qui ma donner la force, la patience durant toute ma formation.

J'exprime mes profonds remerciements à M^r SAOUILLI pour l'aide précieuse, les conseils et les encouragements qu'il ma sans cesse prodigué afin de mener à terme ce travail.

Je remercie vivement M^r LARROUSSI, chef de laboratoire au centre de recherche et de développement « CRD » de HASSI MESSAOUD, de m'avoir accepté sous sa direction pour réaliser une partie de mon travail au sein du laboratoire « bone et ciment ».

J'exprime aussi mes sincères remerciements à M^{me} AIT SOURA, pour sans aide dans la finalisation de cette étude.

Je ne saurai oublier le corps administratif, les enseignants du département de chimie industrielle.

Dédicaces

Je dédie ce travail, en signe de respect et de reconnaissance, à mes très chers parents ;

Ainsi qu'à :

Mes frères et sœurs ;

Mes cousins et cousines ;

La famille GUEMATE

Mes amis (es) ;

B. RAFIK

Sommaire

Introduction

Partie théorique

Chapitre I : La Rhéologie	03
I-1 : La rhéologie	03
I-2 : Propriétés rhéologiques des solutions de C.M.C	03
*Technique de préparation des solutions	03
I-3 : Différents types des Fluides	04
I-3-1 : Fluides non newtoniens	04
* Modèle OSTWALD de WAELE	04
* Fluides Binghamien	05
I-3-2 : Fluides newtoniens	05
I-4 : Mesure des propriétés rhéologiques des fluides non newtoniens	06
I-5 : Méthodes de mesures rhéologiques	07
I-5-1 : Viscosimètre capillaire	07
I-5-2- Viscosimètre à disque et plateau	07
I-5-3- Viscosimètres à cône et plateau	08
I-5-4- Viscosimètre à cylindres coaxiaux	09
Chapitre II : La transmission	12
II-1 :- Spectroscopie d'absorption dans l'ultraviolet (UV)	12
II-1-a : Généralités	12
II-1-b : Loi de BEER LAMBERT	13
II-2 : Appareillage	14
II-2-a : Source	14
II-2-b : Le miroir sélecteur	14

II-2-c : Le monochromateur	15
II-2-d : Le miroir collimateur	15
II-2-e : Compartiment et cuves d'échantillons	15
II-2-f : Système de mesure	16
Chapitre III : La masse volumique	17
III-1 : Généralité	17
III-2 : Définition	17
Chapitre IV : Pression de vapeur saturante	18
IV-1 : Chaleur latente de vaporisation	18
IV-2 : Les équilibres liquide vapeur	18
IV-3 : Contrôle de température et de pression	18
IV-3-1 : Mesure de la température	18
IV-3-2 : Mesure de la pression	19
IV-4 : Equilibre liquide-vapeur en vase clos - Courbe de tension de vapeur	20
Partie expérimentale	
Chapitre I : Etude rhéologique	23
I-1- Principe	23
I-2- Matériel utilisé	23
I-3- Mode opératoire	23
I-4- Relations utilisées	24
I-5- Résultats obtenus	25
I-6 :Interprétation des résultats	40

Chapitre II : Détermination des transmissions	41
II-1- Principe	41
II-2- Matériels utilisés	41
II-3- Mode opératoire	41
II-4- Relations utilisées	41
II-5 : Résultats obtenus	42
II- 6 : Interprétation des résultats	54
Chapitre III : Calcul des masses volumiques	55
III-1- Principe	55
III-2- Appareillage	55
III-3- Mode opératoire	55
III-4- Relation utilisée	55
III-5- Résultats obtenus	56
• 1 ^{ère} Opération : CMC BV	56
III-6- Résultats obtenus	57
• 2 ^{ème} opération : CMC HV	57
III-7 : Interprétation des résultats	59
CHAPITRE 4 : CALCUL DES PRESSIONS DE VAPEUR SATURANTES (P.V.S.)	60
IV-1 : Principe	60
IV-2 : Matériels utilisés	60
IV-3 : Mode opératoire	60
IV-4 : Interprétation des résultats	76
Conclusion	77

Introduction

Introduction :

L'écoulement des fluides est un problème qui a retenu l'attention des hommes depuis la plus haute antiquité, car elle représentait pour eux un phénomène vital sous la forme d'adduction d'eau vers les villes.

Les vestiges du passé témoignent encore de nos jours de l'importance que l'on attachait à ces réalisations et souvent de l'ingéniosité des constructeurs, compte tenu des moyens de l'époque. Quelles étaient alors les connaissances en matière d'écoulement ? Aucun document n'est parvenu jusqu'à nous et il faut attendre la fin du XVII^{ème} siècle pour trouver les premiers mémoires traitant cette question.

Au début du XVII^{ème} siècle, PITOT, BERNOULLI et NEWTON posent les premières pierres de l'édifice, en établissant les équations qui dérivent l'écoulement des fluides parfaits, et immédiatement après ceux-ci, on prend conscience des frottements internes qui freinent l'écoulement.

Les bases de l'hydrodynamique sont donc clairement posées. PRONY, en 1804, établit une formule permettant de calculer le débit dans une tuyauterie à partir de ses résultats d'expérimentation personnelle. POISEUILLE, médecin anatomiste, chercha à expliquer la chute de pression sanguine dans les artères et les veines, et ses expériences lui permettent d'écrire la loi d'écoulement dans les tubes de petit diamètre mais il remarque que sa loi n'est valable qu'à condition que la vitesse d'écoulement soit suffisamment faible. DARCY, en 1857, introduit la notion de rugosité et reconnaît l'influence prépondérante de celle-ci quand l'écoulement est rapide. C'est à REYNOLDS, en 1883, que revient le mérite d'avoir découvert et démontré l'existence de deux types d'écoulement qui allait enfin mettre d'accord les divers expérimentateurs.

La théorie du mouvement interne des filets fluides selon le régime lui permet de pousser encore plus loin la connaissance intime de l'écoulement, car il établit des analogies entre l'hydrodynamique et le transfert de chaleur, c'est-à-dire la base des théories modernes des mécanismes de transfert.

Vu l'importance technologique de l'hydrodynamique de l'établissement des fluides newtoniens, plusieurs études ont été effectuées d'une manière considérable, toute fois, une étude relativement simple à été accordée, Par contre au problème équivalent des liquides non newtoniens.

Nous attacherons, dans cette étude, une grande importance aux comportements non newtoniens d'où l'objectif de ce travail.

Partie théorique

Chapitre I

La rhéologie

Chapitre I : La Rhéologie

I-1 : La rhéologie : [1/]

Il est clair que des connaissances générales sur la mécanique des fluides et la rhéologie sont nécessaires à l'ingénieur de génie des procédés qui doit résoudre des problèmes d'écoulement avec les fluides particuliers qu'il peut être amené à utiliser.

Il doit donc identifier son matériau à partir des mesures rhéologiques de laboratoire et être capable d'appliquer l'équation rhéologique obtenue à son problème particulier (écoulement, transfert de matière et de chaleur, ...etc).

I-2 : Propriétés rhéologiques des solutions de C.M.C :

*Technique de préparation des solutions :

Pour pouvoir arriver à la comparaison entre nos résultats obtenus durant nos expériences et ceux de la bibliographie, nous avons opté une méthode qui est fréquemment recommandée.

Afin de préparer 10g de solution binaire (eau + poudre) de concentration X% nous avons X(g) X %

Dans un litre d'eau distillée, on verse les X grammes de poudre lentement pour éviter la formation d'agglomérats. La quantité (eau + poudre) est mise dans un récipient dans lequel un agitateur magnétique tourne à une vitesse constante jusqu'à la dissolution complète de la poudre.

Pour le carboxyméthylcellulose de haute viscosité, la dissolution est complète après deux jours d'agitation discontinue, par contre, la dissolution totale du C.M.C de basse viscosité a été remarquée après deux heures d'agitation continue pour les premiers échantillons de concentration de (0,1% à 0,5 %) et huit heures pour les autres échantillons de concentration entre (0,6 % à 10%)

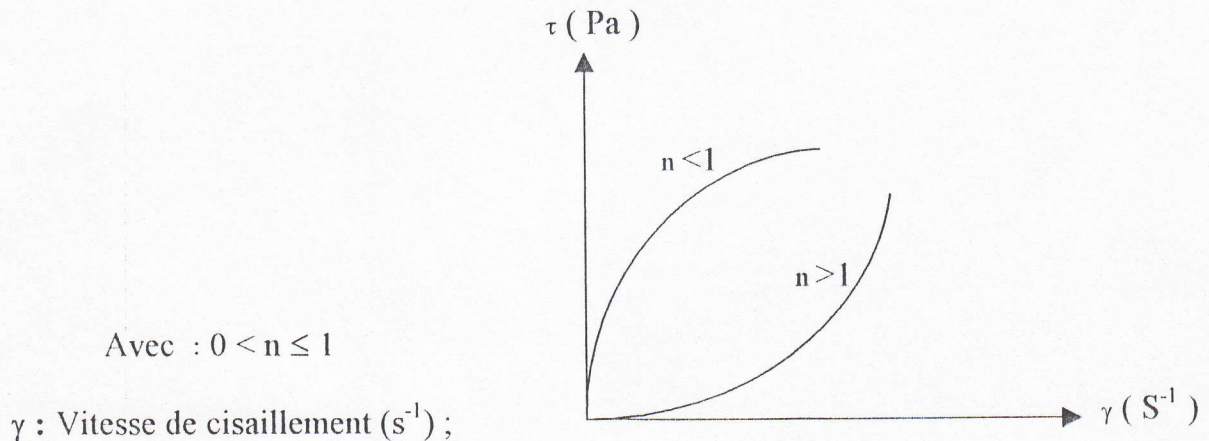
I-3 : Différents types des Fluides : /1/**I-3-1 : Fluides non newtoniens :**

Ils possèdent un comportement différent de celui des fluides newtoniens, ils sont actuellement suffisamment nombreux dans l'industrie, exemple : biochimie, agro-alimentaire moderne.

*** Modèle OSTWALD de WAELE :**

OSTWALD a proposé une relation dite loi d'OSTWALD de WAELE, pour pouvoir représenter les courbes concernant les fluides non newtonien

$$\tau = k \cdot \gamma^n \quad (I-1)$$



Avec : $0 < n \leq 1$

γ : Vitesse de cisaillement (s^{-1}) ;

k : Consistance ;

n : Indice d'écoulement (ou bien indice de vitesse de cisaillement) ;

τ : Contrainte de cisaillement (Pa).

Fig I-1: Fluides sans contrainte critique

*** Remarque :**

Il est important de savoir que les paramètres de la loi d'OSTWALD sont purement empiriques.

*** Fluides Binghamien : [3]**

Ils sont caractérisés en général par des courbes d'écoulement du type représenté sur la fig (I-2) et la relation d'écoulement peut s'écrire en approximation :

$$\tau = \tau_c + \mu_p \cdot \gamma \quad (I-2)$$

μ_p : Viscosité plastique (Pa.s) ;

γ : Vitesse de cisaillement (s^{-1}) ;

τ_c : Contrainte de cisaillement critique (Pa).

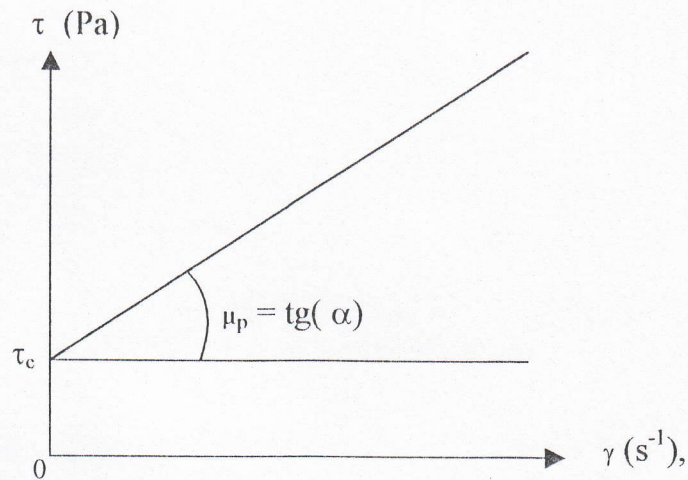


Fig-I-2 : Fluide non newtonien

I-3-2 : Fluides newtoniens : [3]

La définition du fluide newtonien implique la proportionnalité entre contraintes de cisaillement et taux de déformations.

$$\tau = \mu \cdot \gamma \quad (I-3)$$

μ : Viscosité dynamique (Pa.s⁻¹).

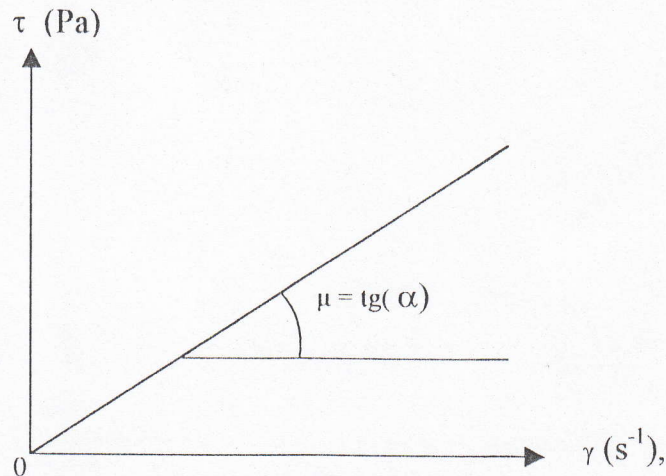


Fig-I-3: Fluide newtonien

I-4 : Mesure des propriétés rhéologiques des fluides non newtoniens : [1]

A fin de déterminer la relation d'écoulement des fluides non newtoniens on trouve deux méthodes différentes :

I-4-1 : Première méthode :

La relation entre τ et γ peut être obtenue en soumettant l'échantillon à une vitesse de cisaillement uniforme dans un appareil convenablement élaboré et à mesurer la contrainte tangentielle correspondante. Les viscosimètres les plus usuels utilisant ce principe sont les viscosimètres rotatifs.

I-4-2 : Deuxième méthode :

On peut aussi déduire la relation entre τ et γ par des mesures de gradients de pression et de débits volumiques dans un tube rectiligne ou un viscosimètre à tube capillaire.

I-5 : Méthodes de mesures rhéologiques : [1]

I-5-1 : Viscosimètre capillaire :

Il consiste à faire écouler un fluide sous une charge donnée à travers des tubes capillaires calibrés.

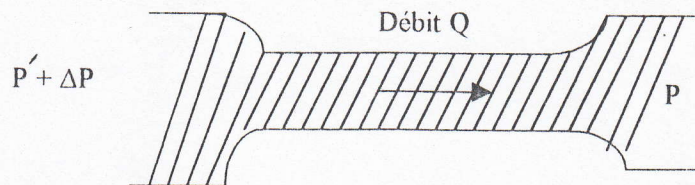


Fig I-4 : Schéma d'un viscosimètre capillaire

I-5-2- Viscosimètre à disque et plateau :

Si e est suffisamment petite, γ varie linéairement sur cette épaisseur e .

$$\gamma(r) = \frac{r\Omega}{e} = f(\tau) \quad (I-4)$$

$$c = \int_0^R 2\pi r^2 dr \quad (I-5)$$

$$\frac{c}{\pi R^3} = \frac{2}{\gamma_R^3} \int_0^R \tau \gamma^2 d\tau \quad (I-6)$$

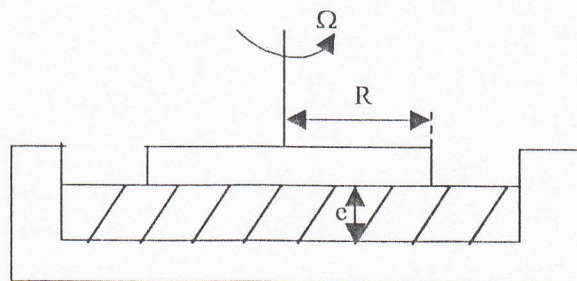


Fig-I-5- Schéma d'un viscosimètre à disque et plateau.

La différentiation de la relation (I-6) par rapport à γ_R fournit :

$$\tau_R = \frac{2C}{\pi R^3} \left[\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \frac{dLn\gamma_R}{dLn \frac{2C}{\pi R^3}} \right] \quad (I-7)$$

Si : $e = \text{cte}$ et $R = \text{cte}$

On obtient : $\gamma_R = R\Omega / e$ (I-8)

$$\tau_R = (2C / \pi R^3) \cdot (3/4 + 1/4 \, d\ln\Omega / d\ln C) \quad (\text{I-9})$$

I-5-3- Viscosimètres à cône et plateau:

Ce type de viscosimètre présente différents avantages :

- Il n'implique que de petits volumes d'échantillons,
- Les taux de cisaillement sont uniformes dans tout l'échantillon,
- Il est caractérisé par une faible inertie et permet d'atteindre des valeurs élevées de taux de cisaillement.

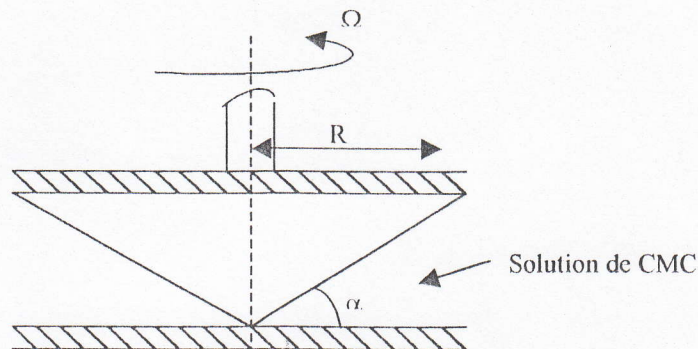


Fig-I-6: Système de mesure viscosimétrique cône-plateau.

Comme on peut constater, l'échantillon de CMC se trouve entre un plan et un cône de révolution, de rayon de base ($R = 3 \text{ cm}$) d'axe normal au plan et de sommet au contact de celui-ci.

L'angle formé par les génératrices du cône, le plan est de l'ordre de 4° . On impose à la solution un taux de déformation en faisant tourner le cône à une vitesse Ω constante, le plan est toujours fixe, on constate une mise en mouvement de différentes couches de fluide de forme conique de même sommet et même axe que le cône solide dont les vitesses angulaires varient de 0 à Ω . A ce taux de déformation imposé

correspondent des contraintes de cisaillement au sein de la solution ; ce qui se traduit par l'action d'un couple sur le cône et le plan. La mesure de ce couple permet le calcul des contraintes visqueuses.

On trouve principalement deux techniques de mesure utilisées :

- la première consiste à imposer des vitesses de rotation, donc des taux de déformation et à mesurer des couples de rotation ou les contraintes,
- La deuxième technique consiste à fixer les couples de rotation et implique la mesure des vitesses angulaires de rotation.

I-5-4- Viscosimètre à cylindres coaxiaux :

Le schéma (I-7) nous donne le principe de viscosimètres à cylindres coaxiaux. Le fluide remplissant l'espace annulaire, l'un des cylindres tourne à vitesse Ω constante, le couple de réaction C étant mesuré sur l'autre cylindre qui est le cylindre intérieure (stator), l'évolution de la vitesse de cisaillement dans l'espace annulaire dépend de α

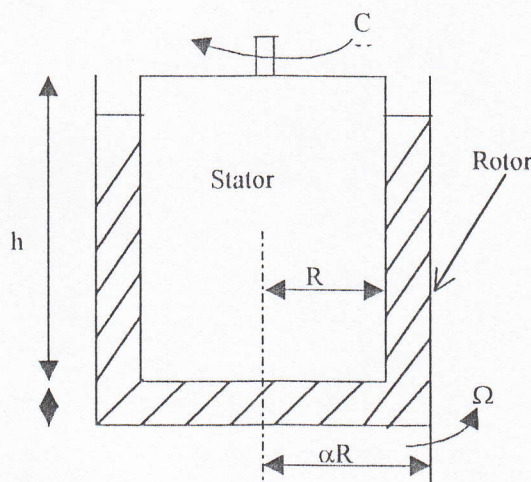


Fig :I- 7: Viscosimètre à cylindres coaxiaux.

Si γ constant et si $\alpha \approx 1$, l'erreur commise doit être très faible. La force de cisaillement $F(r)$ s'exerce sur une enveloppe cylindrique de rayon r est reliée au couple C et à la contrainte tangentielle $\tau(r)$ par les relations suivantes :

$$C = r F(r) = 2 \pi r^2 h \tau(r) \quad (I-10)$$

$$\tau(r) = (C / h) / 2 \pi r^2 \quad (I-11)$$

$$U = r W \quad (I-12)$$

U: Vitesse linéaire

$$\gamma = r dW / dr = F[(C / h) / 2 \pi r^2] \quad (I-13)$$

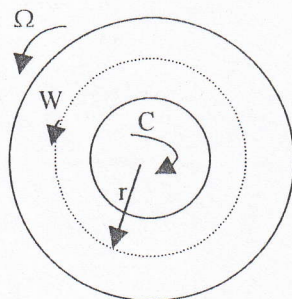


Fig. I-8: Coupe horizontale du viscosimètre à cylindres coaxiaux.

S'il y a adhérence aux parois les conditions aux limites sont:

$$r = \alpha R \Rightarrow U = \alpha R \Omega \quad (I-14)$$

$$r = R \Rightarrow U = 0 \quad (I-15)$$

La distribution des vitesses est alors donnée par:

$$W = \int_R^r F [(C / h) / 2 \pi r^2] \cdot (dr / r) \quad (I-16)$$

$$\Omega = U(\alpha R) / (\alpha R) = \int_R^{\alpha R} F [(c / h) / 2 \pi r^2] \cdot (dr / r) \quad (I-17)$$

Différenciant les relations (I-12) et (I-13), on obtient :

$$(dr / r) = - d\tau / 2 \tau \quad (I-18)$$

Par la substitution de la variable τ à la variable r dans la relation (I-17) on aura :

$$\gamma = f(\tau) \quad (I-19)$$

$$\tau(r) = C / (2 \pi r^2 h) \quad (I-20)$$

$$W = U(r) / r = \int_R^r F(\tau) \cdot (dr / r) \quad (I-21)$$

$$\Omega = - \int_R^{\alpha R} [F(\tau) / 2 \tau] \cdot d\tau \quad (I-22)$$

Chapitre II

La transmission

Chapitre II : La transmission

II- :- Spectroscopie d'absorption dans l'ultraviolet (UV) : [4]

II-1-a : Généralités :

La spectroscopie est basée sur l'étude des interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique, celui-ci peut être défini par :

- Sa fréquence ν exprimée en hertz ;
- Sa longueur d'onde λ exprimée en mètre.

Les termes spectroscopie et spectrométrie sont le plus souvent utilisés indifféremment. On nomme habituellement spectromètres les appareils utilisés en spectroscopie optique (UV-VIS, IR) et spectromètres ou spectrographe ceux destinés à la réalisation des spectres de masse ou de résonance magnétique nucléaire.

Un rayonnement électromagnétique est constitué d'un faisceau de particules, les photons dont le mouvement est décrit au moyen d'équations de la mécanique ondulatoire. Ces particules sont porteuses de quanta d'énergie.

La valeur E de l'énergie que porte un photon peut être calculée au moyen de l'équation fondamentale :

$$E = h \nu = h C / \lambda \quad (\text{II-1})$$

h : Constante de PLANCK ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J/Hz) ;

C : Vitesse de la lumière dans le vide ($2,998 \cdot 10^8$ m/s).

Les interactions entre la matière et un rayonnement auquel elle est soumise sont nombreuses. Les plus intéressantes et les plus étudiées font appel aux phénomènes d'absorption, les molécules peuvent absorber les quanta d'énergie de certaines radiations.

Les résultats quantitatifs des mesures d'absorption en spectroscopie optique UV ou IR, sont exprimés en ce qui concerne les solutions, par la loi expérimentale de BEER LAMBERT.

II-1-b :Loi de BEER LAMBERT : [4]

Pour un rayonnement monochromatique, à condition qu'il n'y ait qu'une substance présente absorbant ce rayonnement, cette loi est définie par l'équation suivante :

$$I = I_0 e^{-klc} \quad (\text{II-2})$$

La détermination du coefficient d'extinction A, ou de la transmission T, étant faite, en calculant la concentration par application de la loi (II-2).

$$T = I / I_0 \quad (\text{II-3})$$

$$A = \epsilon L C = \text{Log } I_0 / I \quad (\text{II-4})$$

I : Intensité de la lumière transmise ;

I₀ : Intensité de la lumière incidente ;

k : Coefficient molaire d'absorption ;

L : Epaisseur de la cellule en cm ;

T : Pourcentage de transmission ;

A : Coefficient d'extinction ;

ε : Coefficient d'absorbance.

Dans la pratique, on détermine εl avec des solutions de titre connu, dans les mêmes conditions que pour le dosage. Une seule mesure, on fait souvent appel à une courbe d'étalonnage.

II-2 : Appareillage : [4]

La conception des spectrophotomètres UV-VIS est, sur le plan optique, très voisine de l'appareillage IR. Comme celui-ci, ils comportent :

- Une source de rayonnement ;
- Un dispositif monochromateur ;
- Un récepteur associé à un système de lecture de la mesure.

Contrairement à la disposition adoptée en spectrophotométrie IR, le compartiment réservé aux échantillons est habituellement placé entre le monochromateur et le récepteur. Les cuves contenant l'échantillon en solution et le solvant pur utilisé comme référence sont donc éclairées en lumière monochromatique.

Généralement, les appareils couvrent un domaine spectral s'étendant de 190 à 900 nm environ, correspondant au proche UV et au VIS. C'est réalisé grâce à deux sources commutables. La plupart des appareils actuels sont à double faisceaux.

II-2-a : Source :

La lampe à hydrogène ou à deutérium permet de couvrir le domaine spectral s'étendant de 190 à 400 nm. C'est un tube de décharge de forte puissance, avec enveloppe en quartz.

La lampe à filament de tungstène, généralement alimentée en basse tension avec une puissance de l'ordre de 50 à 100 W, est utilisée pour l'obtention des longueurs d'ondes supérieures à 350 nm.

Bien que la lampe à hydrogène soit utilisable jusqu'à 400 nm, il est préférable de mettre en service la lampe à filament de tungstène dès que l'on dépasse 350 nm. En effet, sa durée de vie est plus grande et son prix de revient plus bas.

II-2-b : Le miroir sélecteur :

Permet le passage d'une source à l'autre.

II-2-c : Le monochromateur :

Il est constitué d'une fente d'entrée dont la largeur détermine la quantité de lumière entrante dans le monochromateur. Dans les appareils actuels, la largeur des fentes d'entrée et de sortie peut varier de quelques centièmes de millimètres à quelques millimètres et elle est programmée automatiquement en fonction de longueurs d'ondes.

II-2-d : Le miroir collimateur :

Envoi le rayonnement sur le réseau celui-ci, comme dans les appareils IR, sélectionne les longueurs d'ondes par rotation sur lui-même.

II-2-e : Compartiment et cuves d'échantillons :

Le compartiment à échantillons comporte un support permettant le bon positionnement des cuves par rapport au faisceau lumineux. Certains appareils sont équipés pour le passage automatique d'un très grand nombre d'échantillons. L'ouverture de ce compartiment commande la fermeture d'obturateur automécanique qui protège le détecteur contre une lumière trop vive.

Les cuves sont normalement en verre, en quartz ou en silice fondue. Il en existe de formes très variées selon l'utilisation. La longueur de leur trajet optique doit être connue avec une précision de 0,1% au moins. Les cellules usuelles sont de forme parallélépipédiques et ont un trajet optique de 1 cm. Des trajets optiques plus grands peuvent être utilisés pour des solutions très diluées.

Après utilisation, les cuves doivent être soigneusement lavées. Ce nettoyage est normalement effectué avec le solvant utilisé pour le tracé du spectre.

II-2-f : Système de mesure :

Après focalisation, le rayonnement est envoyé sur le détecteur. Celui-ci est habituellement un photomultiplicateur.

Les photons sont collectés par une photocathode entraînant ainsi l'émission d'électrons primaires ce-ci, accélérés par l'action d'une ddp vont atteindre avec énergie suffisante une première anode intermédiaire qui émet un faisceau d'électrons secondaires, accélérés à leur tour jusqu'à seconde dynode et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un courant suffisant à l'anode collectrice.

Chapitre III

La masse volumique

Chapitre III : La masse volumique

III-1 : Généralité :

La connaissance des propriétés physiques des fluides est essentielle à l'ingénieur de procédés car elle lui permet de spécifier, dimensionner ou vérifier le fonctionnement des différents équipements d'une unité de fabrication.

L'ingénieur de procédés se voit proposer une panoplie de méthodes dont les résultats peuvent différer largement, alors qu'il ignore les difficultés qui peuvent être engendrer à cette activité, il aimerait disposer d'une méthode unique ou d'un système précis d'application des différentes méthodes proposées.

III-2 : Définition :

La masse volumique est une des caractéristiques physiques des fluides.

La masse volumique d'un liquide est le rapport existant entre la masse de ce corps et son volume.

Chapitre IV

Pressions de vapeur saturante

Chapitre IV : Pression de vapeur saturante

Les applications des lois générales porteront le plus souvent sur des liquides en présence d'une phase vapeur et nous serons sans cesse amenés à tenir compte de l'équilibre qui s'établit entre les deux phases.

IV-1 : Chaleur latente de vaporisation :

C'est la quantité de chaleur fournie à l'unité de poids pour la transformer en vapeur, elle s'exprime en (cal / Kg) ou (cal / mol).

IV-2 : Les équilibres liquide vapeur :

La pression de la phase vapeur, en équilibre avec une phase liquide donnée, définit la tension de vapeur de cette dernière. Elle dépend de la température et de la phase liquide.

IV-3 : Contrôle de température et de pression : /4/

La température et la pression sont des paramètres dont dépendent l'équilibre thermodynamique et la vitesse d'une réaction. Ils influent donc sur l'orientation de cette dernière, ses résultats et sa durée.

Ils interviennent encore lors des traitements post-réactionnels en agissant sur les propriétés physiques des composés et des mélanges.

IV-3-1 : Mesure de la température :

a) Définitions et unités :

L'unité de température dans le système international est le Kelvin (K). L'unité utilisée lors des lectures thermométriques avoisinant la température ambiante est le degré Celsius (°C).

La relation entre ces deux échelles de températures est :

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15 \quad (IV-1)$$

Les instruments employés pour la mesure des températures sont, d'une manière générale, appelés thermomètres.

Cependant, en leur donnent parfois un nom correspondant à un usage spécifique ou au principe de leur fonctionnement (exp : thermocouple, sondes, pyromètre, .. etc).

Deux méthodes sont utilisées pour mesurer les températures au laboratoire :

- Par mesure direct, en plaçant le thermomètre en contact avec le milieu dont on désire connaître la température ;
- Par mesure indirect, on installant dans une gaine thermométrique.

Une mesure direct à l'avantage d'être plus juste car elle diminue l'influence extérieure et l'inertie thermométrique. Par contre elle augmente le risque de bris ou de corrosion du thermomètre.

IV-3-2 : Mesure de la pression : [4]

a) Définitions et unités :

Habituellement, les pressions mesurées au laboratoire sont des pressions gazeuses. Si la pression d'un gaz est supérieure à la pression atmosphérique environnante. L'enceinte qui le contient est dite sous pression, dans le cas contraire, elle est dite sous pression réduite ou improprement, sous vide.

La pression relative ou pression effective d'un gaz est la différence entre sa pression absolue ou pression réelle et la pression atmosphérique environnante ; elle est positive si la pression absolue est supérieure à la pression atmosphérique environnante, négative dans le cas contraire.

L'unité de mesure de pression dans le système international est le PASCAL (Pa) dont la valeur est environ 10^5 fois plus petite que la pression atmosphérique ; elle est donc peu pratique et pour cette raison, n'est que très peu utilisée dans l'industrie chimique.

Des unités plus anciennes peuvent être rencontrées dans la littérature scientifique ou sur des graduations d'appareils de mesures : l'atmosphère (atm), Kilogramme /centimètre carré (Kg / Cm^2), ...etc.

IV-4 : Equilibre liquide-vapeur en vase clos - Courbe de tension de vapeur : [4]

Un liquide enfermé dans un récipient est toujours en présence de sa vapeur, celle-ci en équilibre avec le liquide qui l'a émise, est appelée vapeur saturante, dans le cas d'un corps pur, sa pression P_0 est régie par les trois règles suivantes :

- Elle est constante à une température donnée ;
- Elle augmente avec la température ;
- Elle est indépendante de la quantité de liquide enfermée dans le récipient.

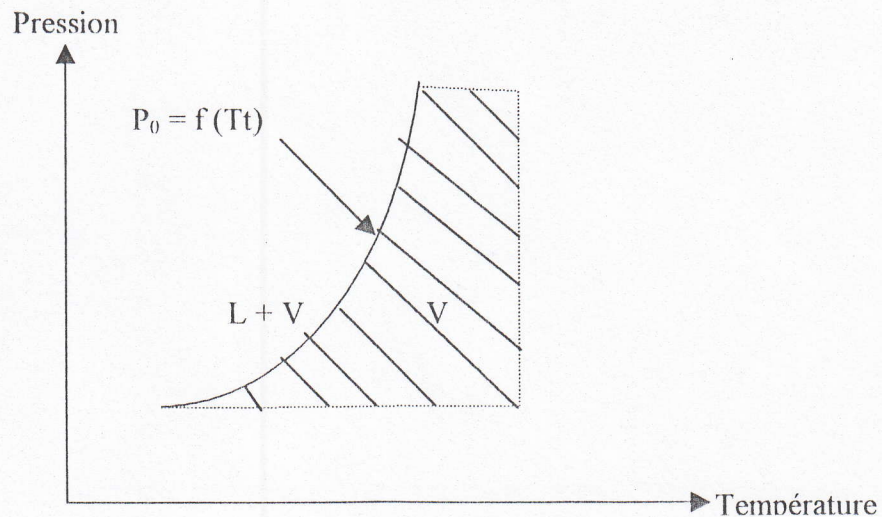


Fig. IV-1- Diagramme pression-température représentatif de l'état physique d'un composé à l'équilibre.

La courbe de tension de vapeur (L + V) représente le liquide en présence de sa vapeur saturante. La surface V représente le composé à l'état sèche. La courbe représentative de l'équation de pression de vapeur saturante en fonction de la température $P_0 = f(T)$ appelée aussi courbe de tension de vapeur, et différente d'un composé à un autre. Son allure générale est représentée à la figure (IV-2).

L'étude thermodynamique de l'équilibre liquide-vapeur conduit à la relation dite équation de CLAUSIUS-CLAPEYRON :

$$d(\ln P_0) / d(1/T) = -L_v / R \quad (\text{IV-2})$$

P_0 : pression de vapeur saturante ;

T : Température en KELVIN (K) ;

L_v : Chaleur latente de vaporisation (cal / Kg) ;

R : Constante des gaz parfaits (atm. L / mol K).

L_v : Est fonction de la température T , mais peut être considérée comme constante dans un intervalle faible d'où l'équation simplifiée de la courbe de tension de vapeur, obtenue par intégration de la relation (IV-2).

$$\ln P_0 = (A / T) + B \quad (\text{IV-3})$$

$$A = -L_v / R \quad (\text{IV-4})$$

B : Constante d'intégration.

Dans un faible intervalle de température A et B sont constants et la courbe représentative de l'équation ci-dessus est une droite décroissante de pente A .

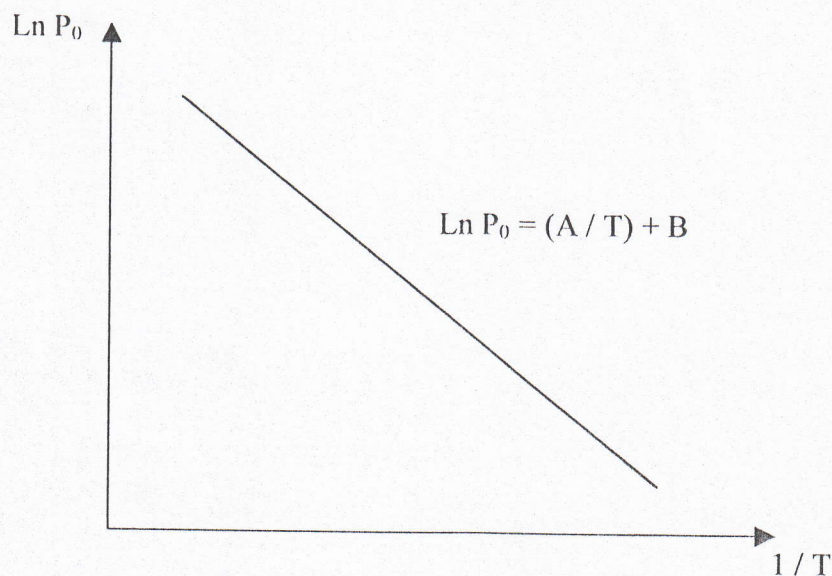


Fig. IV-2- Droite représentative de $\ln P_0 = f(1/T)$.

- **Remarques :**

* Cette droite, souvent utile pour l'étude d'une distillation, peut être tracée de plusieurs façons :

- A partir de deux points obtenus expérimentalement ou dans les tables de constantes ;
- A partir d'un point et de la pente, cette dernière étant calculée d'après la valeur de L_v donnée dans ces tables ;
- A partir des valeurs de A et B parfois données dans des tables.

* L_v n'étant pas constants, la courbe représentative de $\ln P_0 = f(1/T)$ n'est pas une droite dans un grand intervalle de température. Elle peut être tracée de manière rigoureuse à l'aide d'un grand nombre de valeurs du couple pression-température données dans la littérature scientifique ou déterminée expérimentalement.

Partie expérimentale

Chapitre I

Etude rhéologique

Chapitre I : Etude rhéologique

I-1- Principe :

Le principe de viscosimètres à cylindres coaxiaux. Le fluide remplissant l'espace annulaire, l'un des cylindre tourne à vitesse Ω constante, le couple de réaction C étant mesuré sur l'autre cylindre qui est le cylindre intérieure (stator), l'évolution de la vitesse de cisaillement dans l'espace annulaire dépend de α .

I-2- Matériel utilisé :

- Solution de CMC basse et haute viscosité de différentes concentrations (0,1% à 1%),
- Récipient de 350 ml,
- Rhéomètre de type 286 à vitesse variable.

I-3- Mode opératoire : [5]

Le rhéomètre à vitesse variable est une nouvelle précision pour l'étude des propriétés rhéologiques des fluides, les vitesses peuvent être sélectionnées dans une des deux modes variables de 3 à 600 Tr /mn, tandis que le deuxième mode offre des plages de vitesses importantes, 100, 200, 300 et 600 Tr / mn. Pour son utilisation, on suit les démarches suivantes : [6]

- mettre la machine en marche et la régler de façon à opérer à 300 ou 600 Tr / mn pour un temps de 5 à 10 mn afin de permettre le réchauffement du circuit électronique et sa stabilisation,
- Incliner la tête de la machine (tête de mesure) et placer le récipient rempli de l'échantillon jusqu'à la ligne de repère, après une agitation simple et récente,
- Situer le récipient équipé d'épingles sur la base de la machine d'une manière à occuper les trous se trouvant sur cette dernière,
- Baisser la tête de mesure à sa position initiale, puis ajuster la hauteur de la machine dans le récipient a la ligne de repère et fait tourner le poigner entre les postes arrières de soutien a soulever ou baisser la machine,

- Sélectionner les vitesses désirées pour l'essai après stabilisation, la machine affiche directement des valeurs sur un petit cadran,
- Le commutateur de contrôle de vitesse peut être tourné à (var) et notre plage de vitesse sera obtenue aussi tôt,
- Après chaque essai, enlever le récipient et débarrasser le fluide utilisé, ensuite, laver et sécher le récipient, le rotor doit être enlevé, laver et sécher,
- Le stator doit être aussi laver et séché.

I-4- Relations utilisées :

$$C = K \times \theta \quad \text{Avec : } K = 387 \text{ Dynes Cm / degré , } \theta : \text{ En degré , } C : \text{ N m}$$

$$\tau(R) = C / 2\pi R^2 \cdot h$$

$$h : \text{ Hauteur du stator} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$R : \text{ Rayon du stator} = 34,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\gamma = \text{Nombres de tours} \cdot 1,7034 \text{ (S}^{-1}\text{)}$$

I-5- Résultats obtenus :

1^{re} opération : CMC BV (Basse viscosité)

Tableau I-1 : Les couples en fonction de nombres de tours :

C %] Ω (Tr/mn)	C (N.m) . 10 ⁻⁷									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
03	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
06	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
20	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
40	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50
60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50	3,50
80	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50	4,00
100	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,50	3,50	4,00	4,50	4,00
200	3,50	3,50	3,50	3,50	4,00	4,50	4,50	4,50	5,50	5,00
300	3,50	3,50	4,00	4,50	4,50	5,00	5,50	6,50	6,50	6,00
400	4,00	4,00	4,00	4,50	4,50	5,50	6,00	7,00	7,50	7,00
500	4,00	4,00	4,50	5,00	5,00	6,50	7,00	8,00	8,50	8,00
600	4,00	4,50	4,50	5,00	5,50	7,00	7,50	9,00	9,50	9,00
700	5,00	5,00	5,50	6,00	7,00	7,50	8,50	10,50	10,50	10,50

Tableau -1-2 : Les couples en fonction de nombres de tours :

C% Ω (Tr/mn)	C (N.m) . 10 ⁻⁷									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
03	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161
06	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161
10	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161
20	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161
40	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1354,5	1354,5
60	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1354,5	1354,5	1354,5
80	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1161	1354,5	1354,5	1548
100	1161	1161	1161	1161	1161	1354,5	1354,5	1548	1741,5	1548
200	1354,5	1354,5	1354,5	1354,5	1548	1741,5	1741,5	1741,5	2128,5	1935
300	1354,5	1354,5	1548	1741,5	1741,5	1935	2128,5	2515,5	2515,5	2322
400	1548	1548	1548	1741,5	1741,5	2128,5	2322	2709	2902,5	2709
500	1548	1548	1741,5	1935	1935	2515,5	2709	3096	3289,5	3096
600	1548	1741,5	1741,5	1935	2128,5	2709	2902,5	3483	3676,5	3483
700	1935	1935	2128,5	2322	2709	2902,5	3289,5	4063,5	4063,5	4063,5

Tableau -I-3- Contraintes de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement :

γ (S ⁻¹) C %	τ (N/m ²)															
	5,1102	10,2204	17,034	34,068	68,138	102,204	136,272	170,34	340,68	511,02	681,36	851,7	1022,04	1192,38		
0,1	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,5453	0,5453	0,5453	0,6816		
0,2	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,5453	0,5453	0,6134	0,6816		
0,3	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,5453	0,5453	0,6134	0,6134	0,7497		
0,4	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,6134	0,6134	0,6816	0,6816	0,8179		
0,5	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,5453	0,6134	0,6134	0,6816	0,7497	0,9542		
0,6	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,6134	0,6816	0,7497	0,8861	0,9542	1,0224		
0,7	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,6134	0,7497	0,8179	0,9542	1,0224	1,1587		
0,8	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,5453	0,6134	0,8861	0,9542	1,0906	1,2269	1,4314		
0,9	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,7741	0,4771	0,4771	0,6134	0,7497	0,8861	1,0224	1,1587	1,2951	1,4314		
1	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,5453	0,5453	0,6816	0,8179	0,9542	1,0906	1,2269	1,4314		

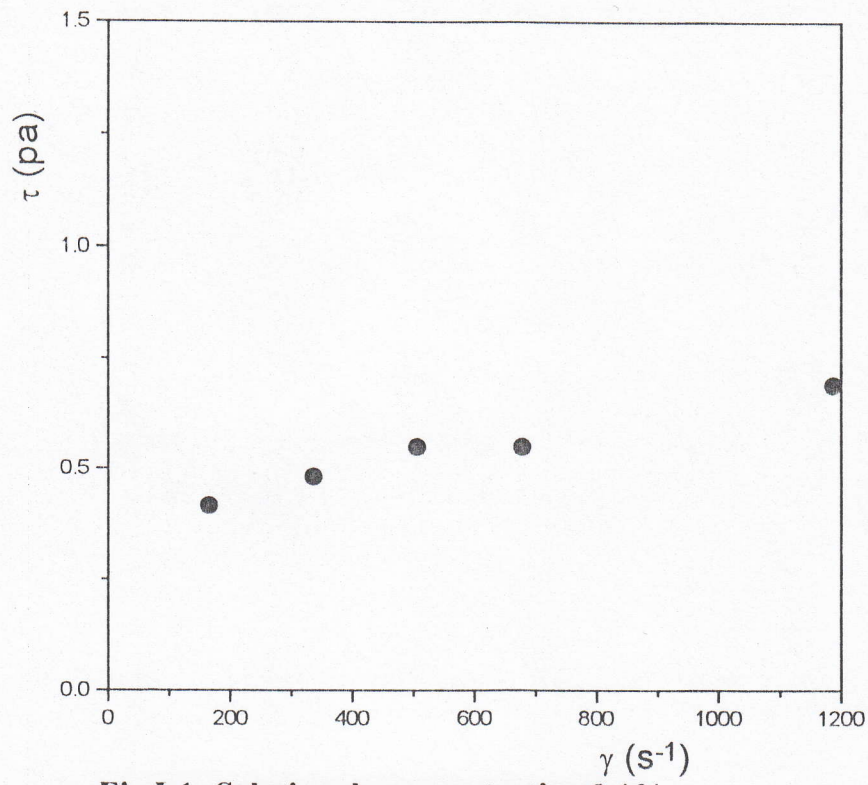


Fig I-1: Solution de concentration 0,1%

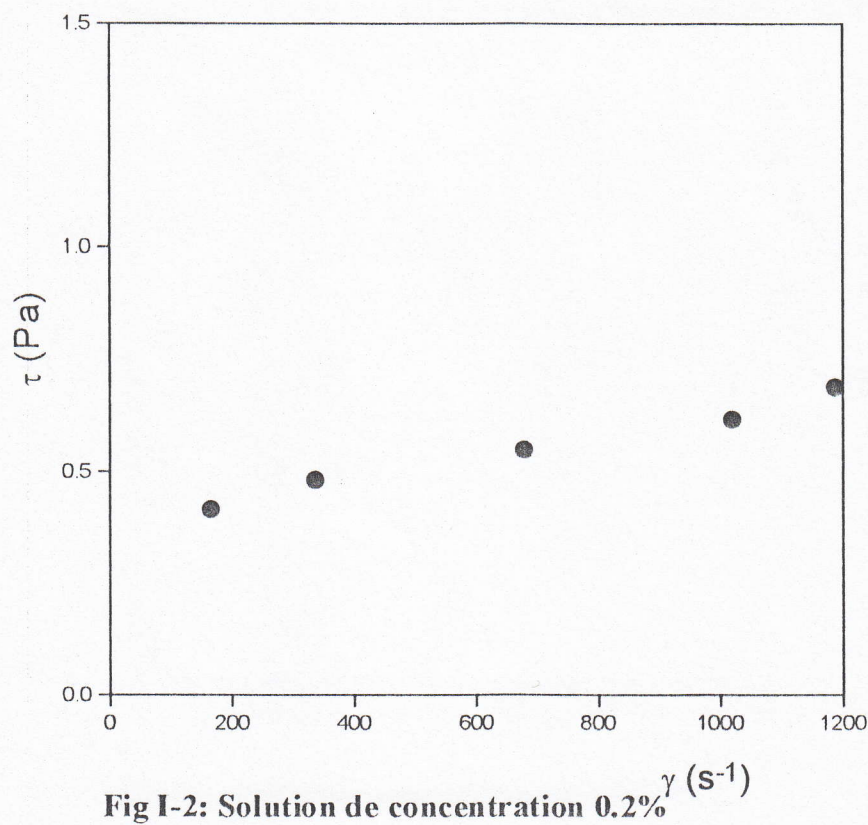


Fig I-2: Solution de concentration 0.2%

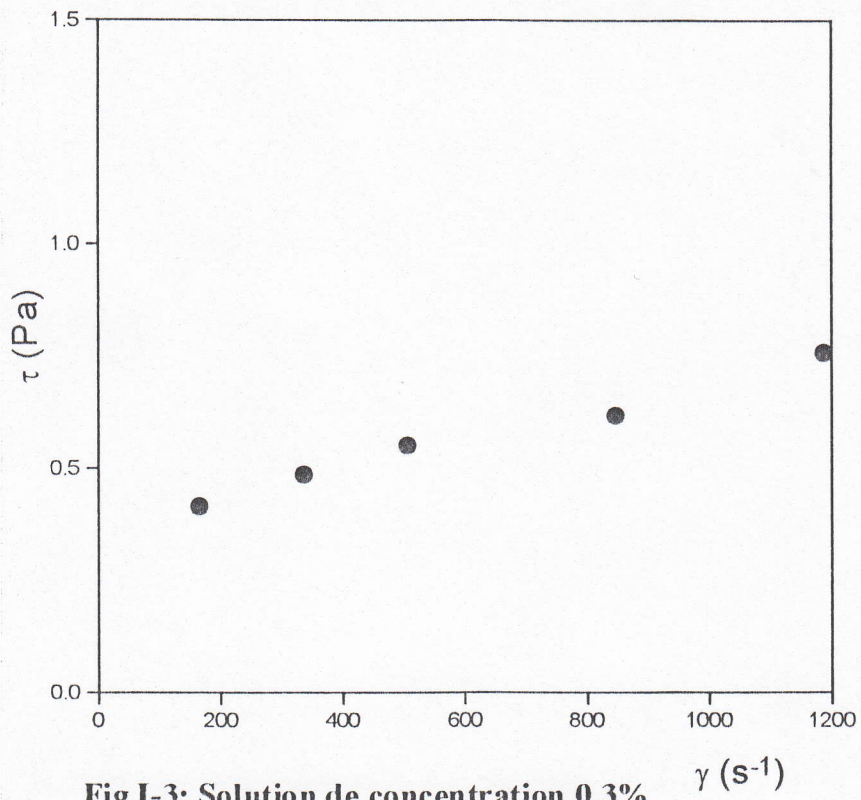


Fig I-3: Solution de concentration 0.3%

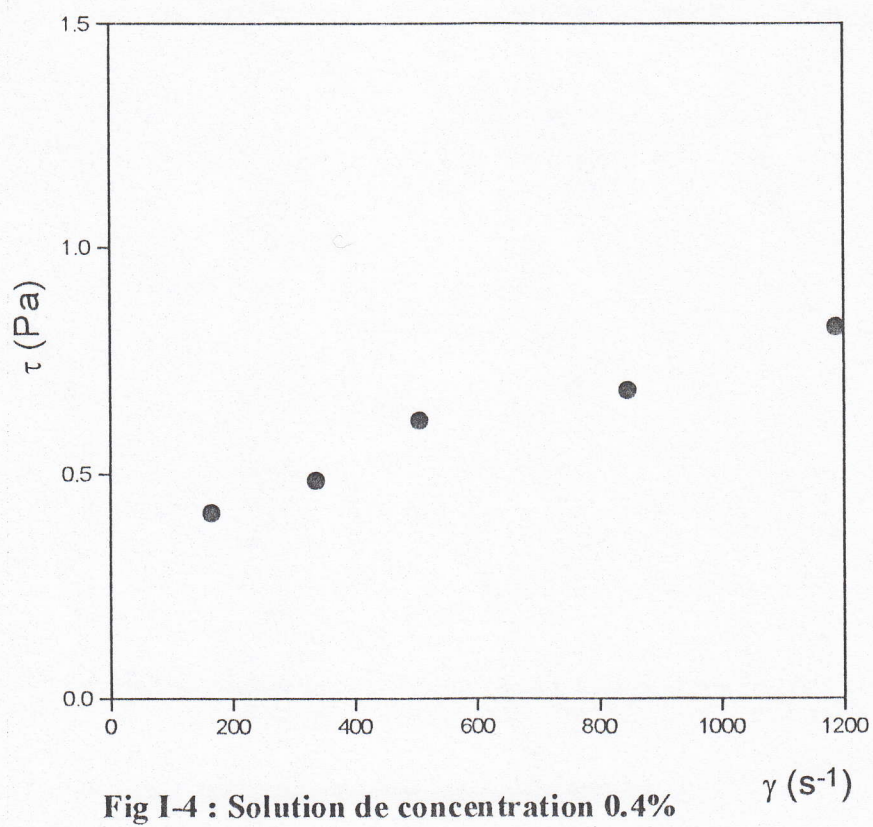


Fig I-4 : Solution de concentration 0.4%

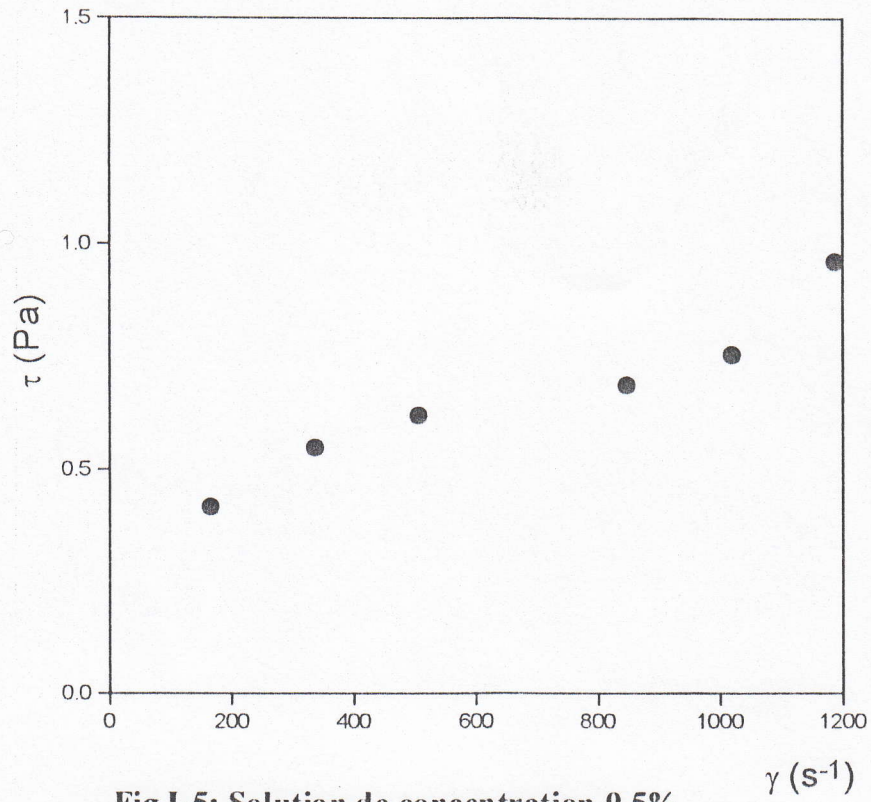


Fig I-5: Solution de concentration 0.5%

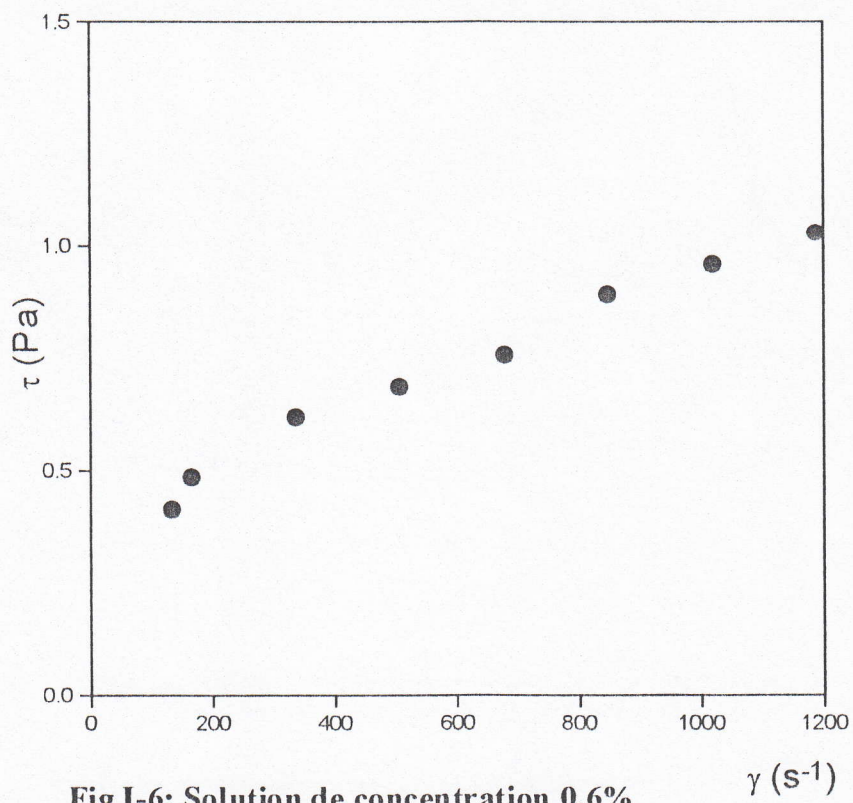


Fig I-6: Solution de concentration 0.6%

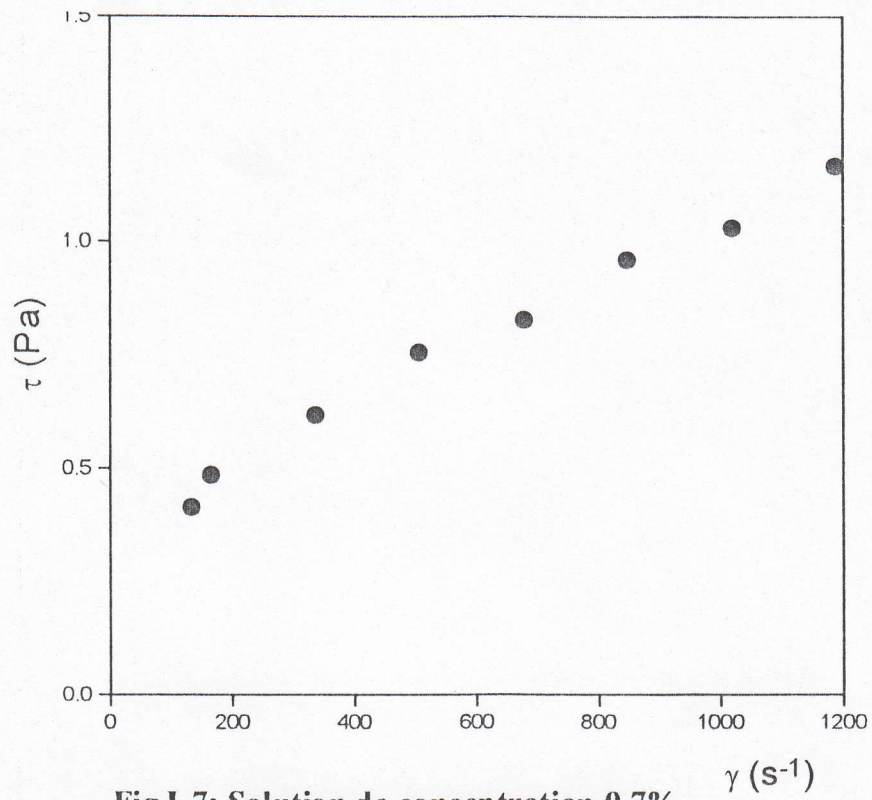


Fig I-7: Solution de concentration 0.7%

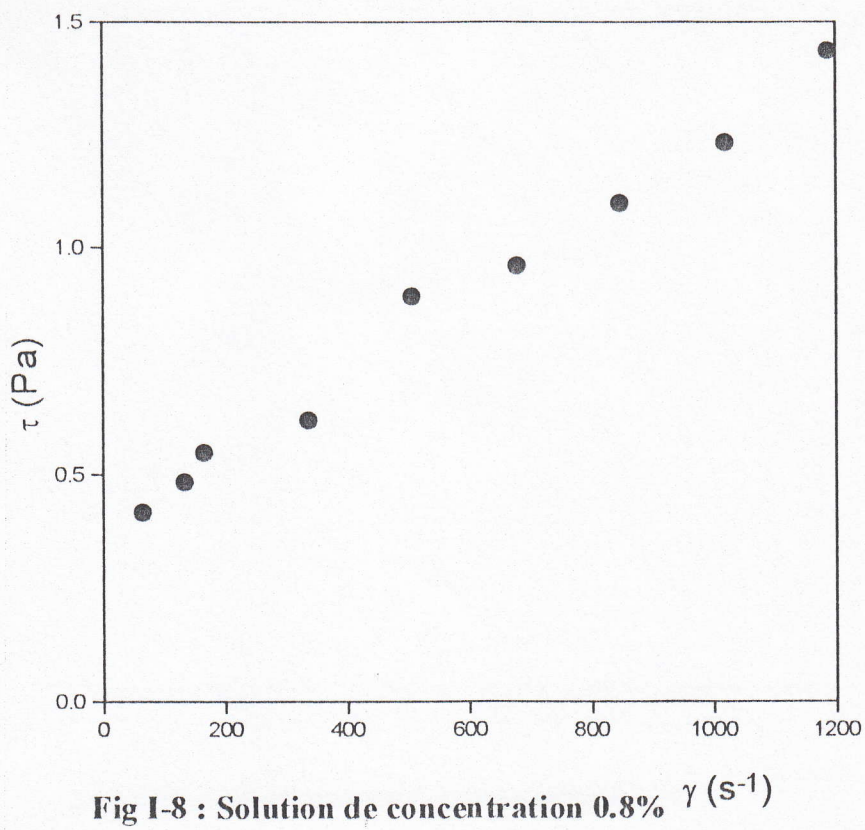


Fig I-8 : Solution de concentration 0.8%

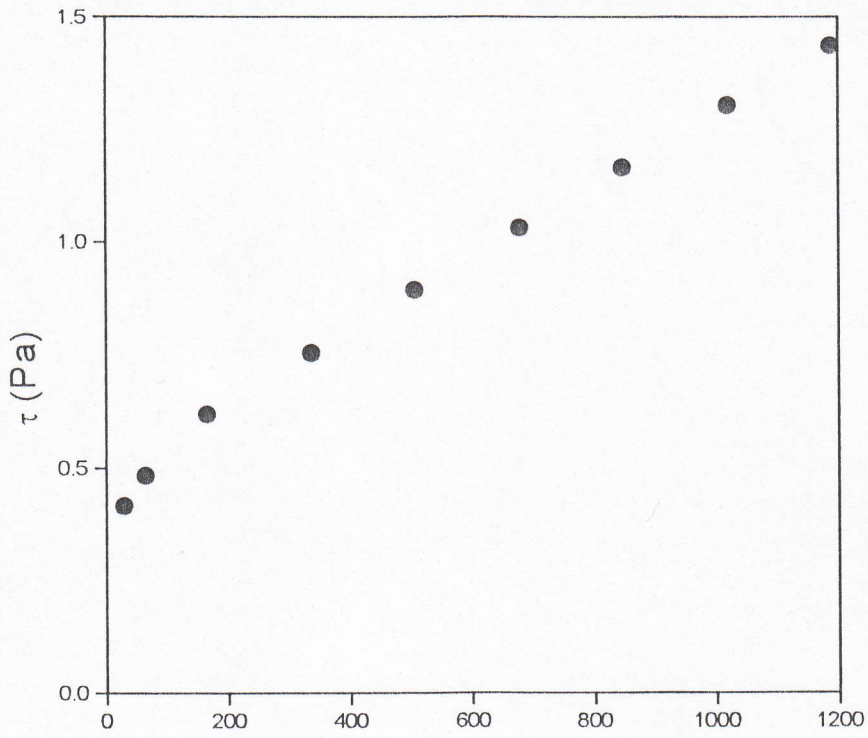


Fig I-9: Solution de concentration 0.9% γ (s^{-1})

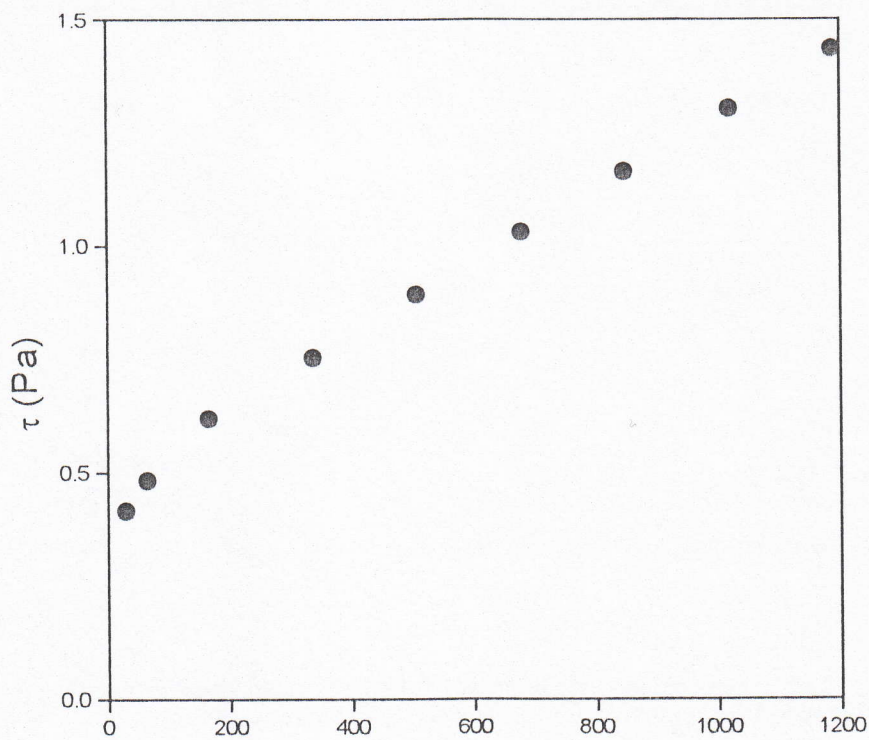


Fig I-10: Solution de concentration 1% γ (s^{-1})

2^{ème} opération : CMC HV (Haute viscosité)

Tableau I-4 : Les couples en fonction de nombres de tours :

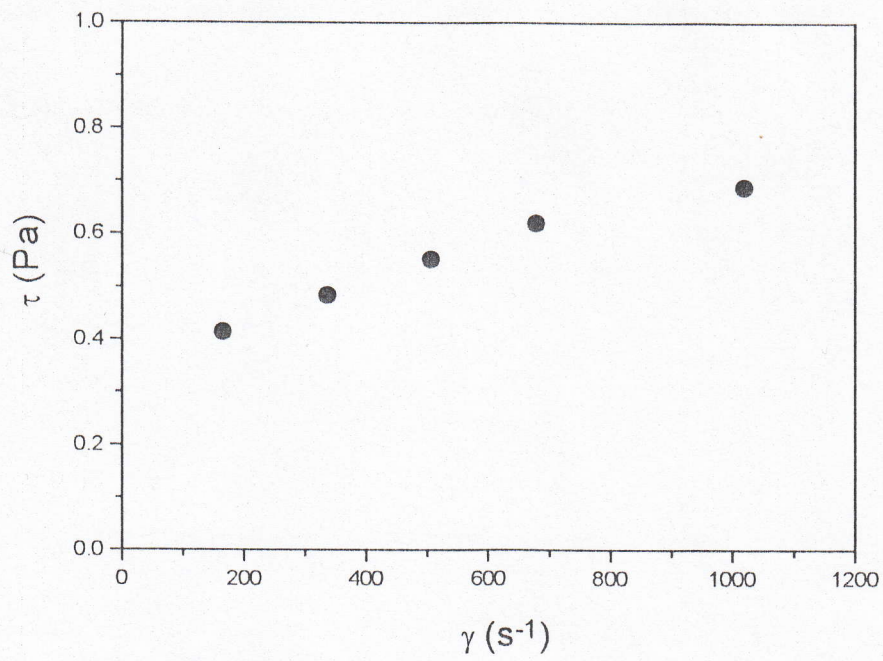
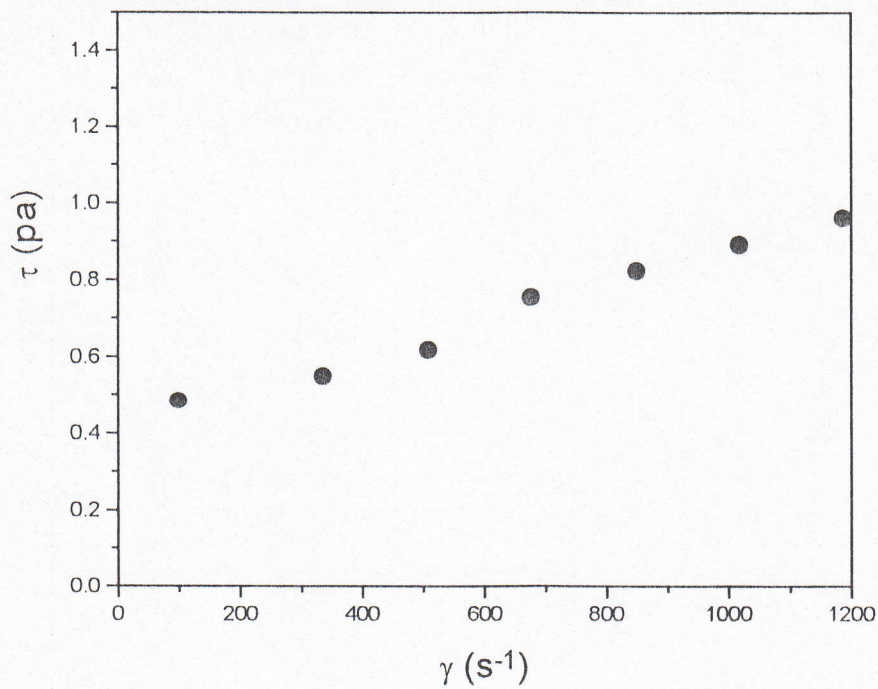
C% Ω (Tr/mn)	C (N.m) . 10 ⁻⁷									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
03	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	3,50	8,00	5,50	7,00	7,50
06	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	3,50	8,00	5,00	6,00	6,50
10	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	3,50	8,50	6,00	7,50	9,00
20	3,00	3,00	3,00	3,00	5,50	4,00	10,50	8,50	16,00	12,00
40	3,00	3,00	3,00	3,00	6,00	5,00	11,50	11,50	14,50	16,50
60	3,00	3,50	4,00	3,50	7,00	6,00	14,50	14,50	17,50	20,50
80	3,00	3,50	4,00	3,50	7,50	7,00	16,00	17,00	20,50	24,00
100	3,00	3,50	4,50	3,50	7,50	7,50	16,00	19,00	23,00	26,00
200	3,50	4,00	5,50	4,00	11,50	12,00	23,50	27,50	33,00	37,50
300	4,00	4,50	7,00	5,50	15,50	16,00	28,50	34,00	41,00	41,00
400	4,50	5,50	8,50	6,50	18,50	19,00	33,50	29,00	46,50	53,00
500	4,50	6,00	9,50	7,00	21,00	22,00	38,50	43,50	52,00	58,00
600	5,00	6,50	10,50	8,00	23,50	25,00	42,00	47,50	57,50	64,00
700	5,00	7,00	11,50	9,00	26,50	28,00	45,00	51,00	61,00	68,00

Tableau -1-5- : Les couples en fonction de nombres de tours :

C% ? (Tr/mn)	C (N.m) . 10 ⁻⁷									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
03	1161	1161	1161	1161	1935	1354,5	3092	1935	2709	2902,5
06	1161	1161	1161	1161	1935	1354,5	3096	1935	2322	2515,5
10	1161	1161	1161	1161	1935	1354,5	3289,5	2322	2902,5	3483
20	1161	1161	1161	1161	2128,5	1548	4063,5	3289,5	3870	4837,5
40	1161	1161	1161	1161	2322	1935	4450,5	4450,5	5611,5	6385,5
60	1161	1354,5	1548	1354,5	2709	2322	5611,5	5611,5	6772,5	79103
80	1161	1354,5	1548	1354,5	2902,5	2709	6192	6599	7933,5	9288
100	1161	1354,5	1741,5	1354,5	2902,5	2902,5	6192	7353	8901	10062
200	1354,5	1548	2128,5	1548	4450,5	4644	8901	10642,5	42771	14512
300	1548	1741,5	2709	2128,5	5998,5	6193	11029,5	13158	15867	15867
400	1741,5	2128,5	3289,5	2515,5	7159,5	7353	12964,5	15093	17995,5	20511
500	1741,5	2322	3676,5	2709	8127	8514	14899,5	16834,5	20124	22639
600	1935	2515,5	4063,5	3096	9094,5	9676	16254	18382,5	22252,5	24762
700	1935	2709	4450,5	3483	10255,5	10836	17415	19737	23607	26316

Tableau -I-6- Contraintes de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement :

γ (S ¹) C %	τ (N/m ²)													
	5,1102	10,2204	17,034	34,068	68,136	102,204	136,272	170,34	340,68	511,02	681,36	851,7	1022,04	1192,38
0,1	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,5453	0,6134	0,6134	0,6816	0,6816
0,2	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,4771	0,5453	0,6134	0,7479	0,8179	0,8861	0,9542
0,3	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,5453	0,5453	0,6134	0,7497	0,9542	1,1587	1,2951	1,4314	1,5677
0,4	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4089	0,4771	0,4771	0,4771	0,5453	0,7479	0,8861	0,9542	1,0961	1,2269
0,5	0,6816	0,6816	0,6816	0,7497	0,8179	0,9542	1,0224	1,0224	1,5677	2,113	2,522	2,8628	3,2036	3,6126
0,6	0,4771	0,4771	0,4771	0,5453	0,6816	0,8179	0,9542	1,0224	1,6359	2,1815	2,5902	2,9911	3,4085	3,8871
0,7	1,0906	1,0906	1,1587	1,4314	1,5677	1,9767	2,1812	2,1812	3,1355	2,8853	4,5669	5,2485	5,7257	6,1347
0,8	0,7497	0,6816	0,8179	1,1587	1,5677	1,9767	2,3175	2,5902	3,7489	4,6351	5,3167	5,9302	6,4755	6,9526
0,9	0,9542	0,8179	1,0224	1,3632	1,9767	2,3857	2,7947	3,1355	4,4987	5,5894	6,3391	7,0889	7,8387	8,3159
1	1,0224	0,8861	1,2269	1,704	2,2493	2,7447	3,2718	3,5444	5,1122	5,5894	5,2253	7,9751	8,7249	9,2702

**Fig I-11: Solution de concentration 0.1%****Fig I-12 : Solution de concentration 0.2%**

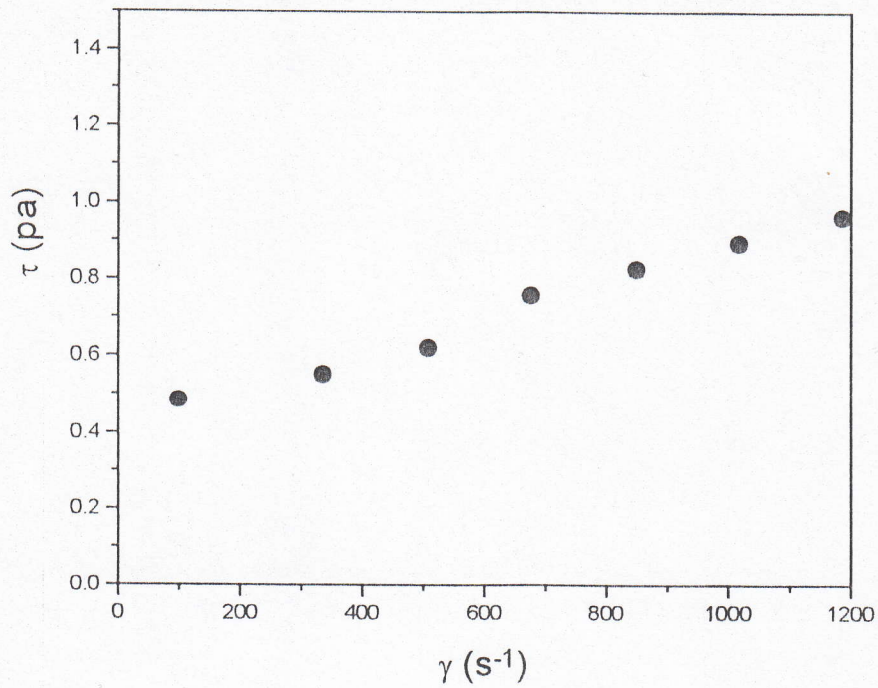


Fig I-13: Solution de concentration 0.3%

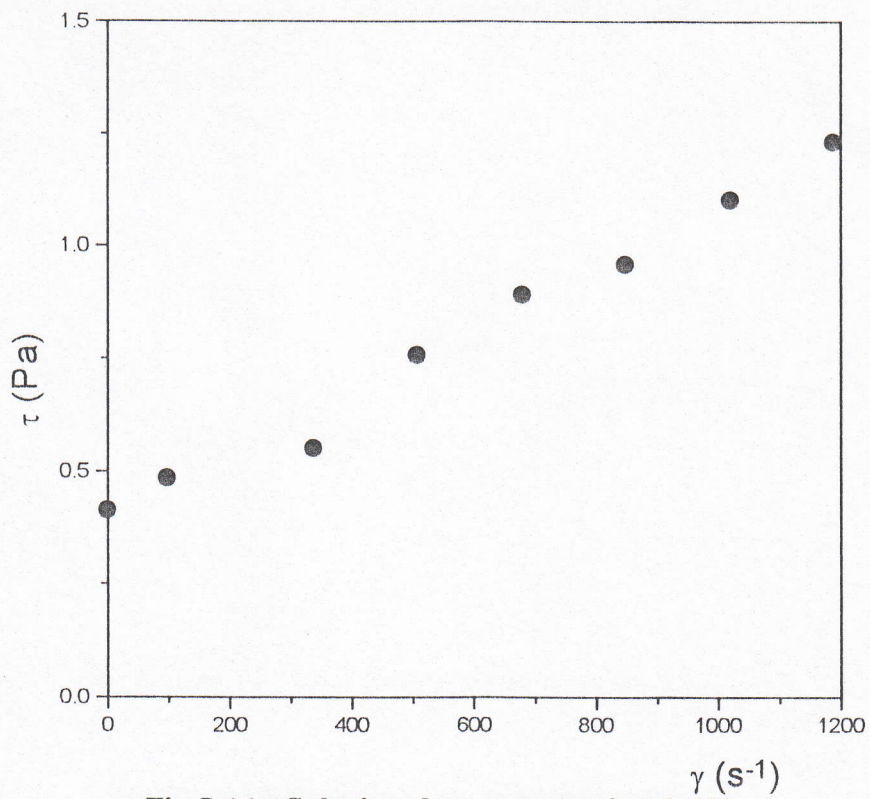


Fig I-14 : Solution de concentration 0.4%

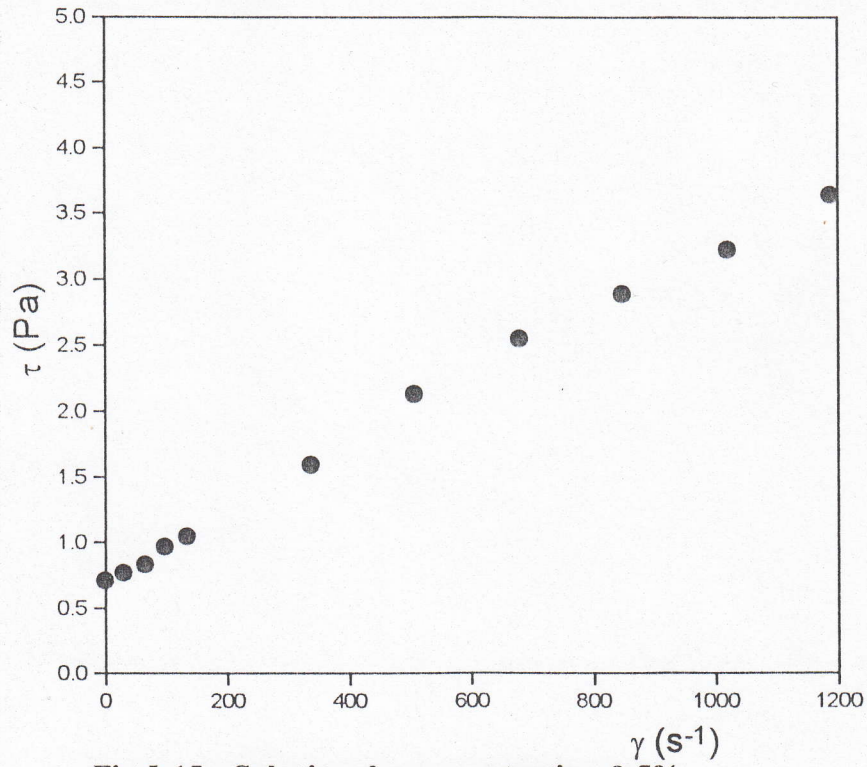


Fig I-15 : Solution de concentration 0.5%

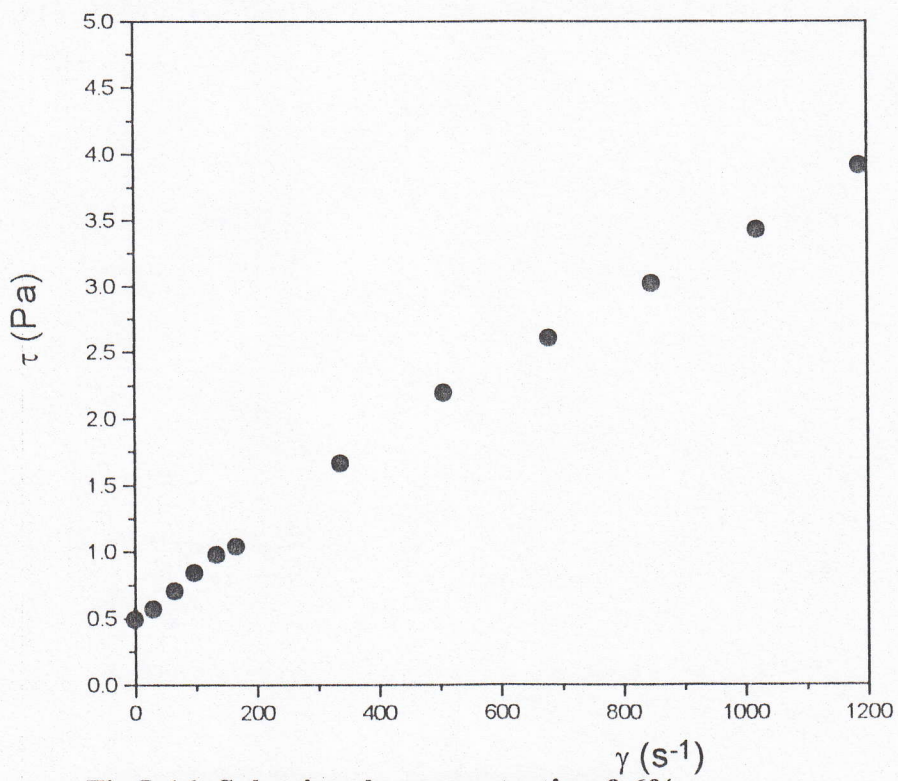


Fig I-16: Solution de concentration 0.6%

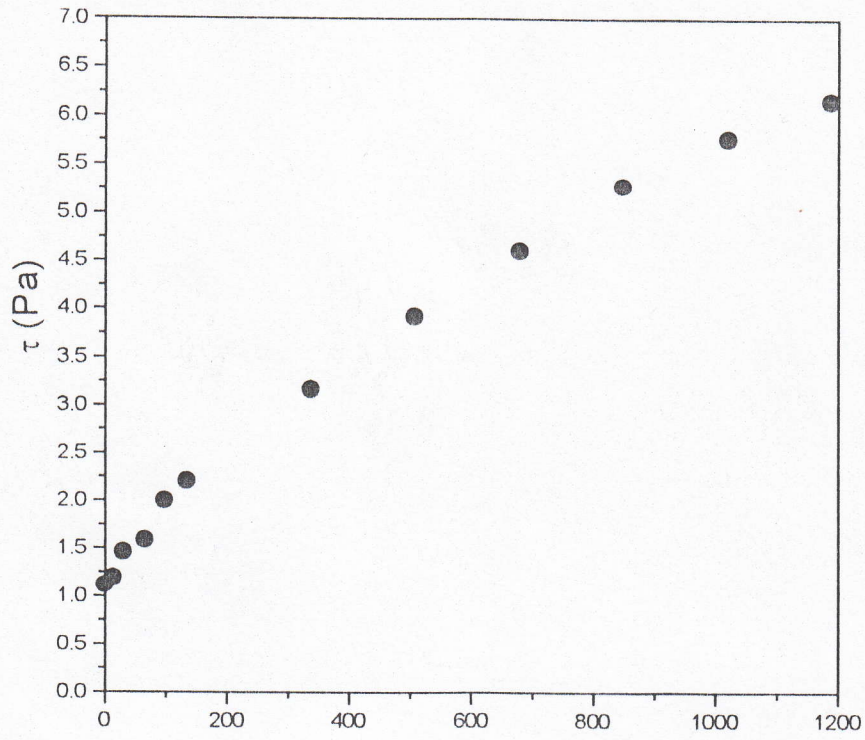


Fig I-17 : Solution de concentration 0.7% γ (s⁻¹)

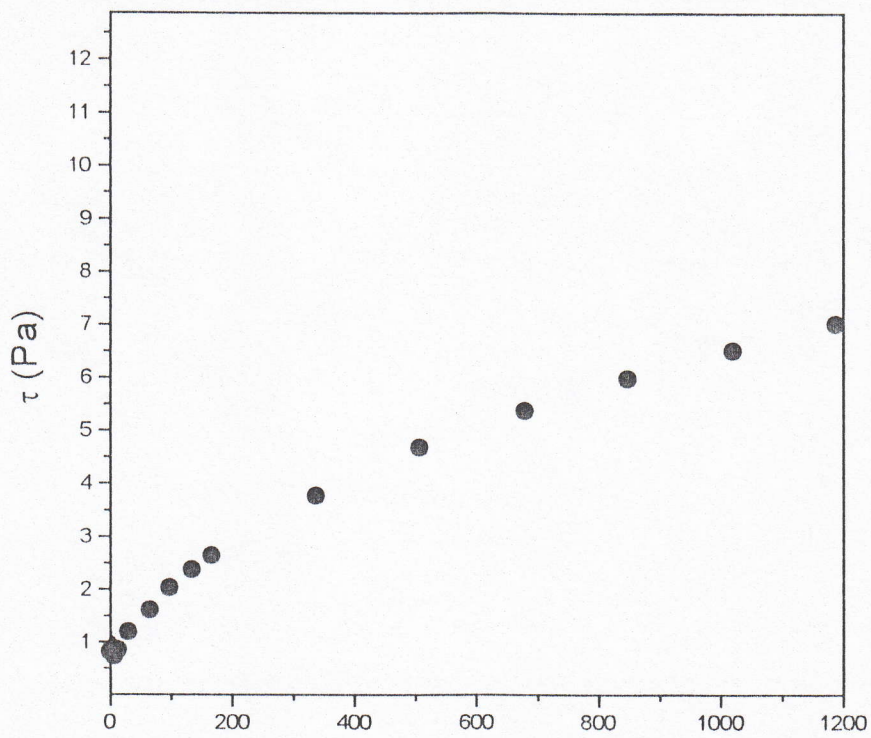


Fig I-18 : Solution de concentration 0.8% γ (s⁻¹)

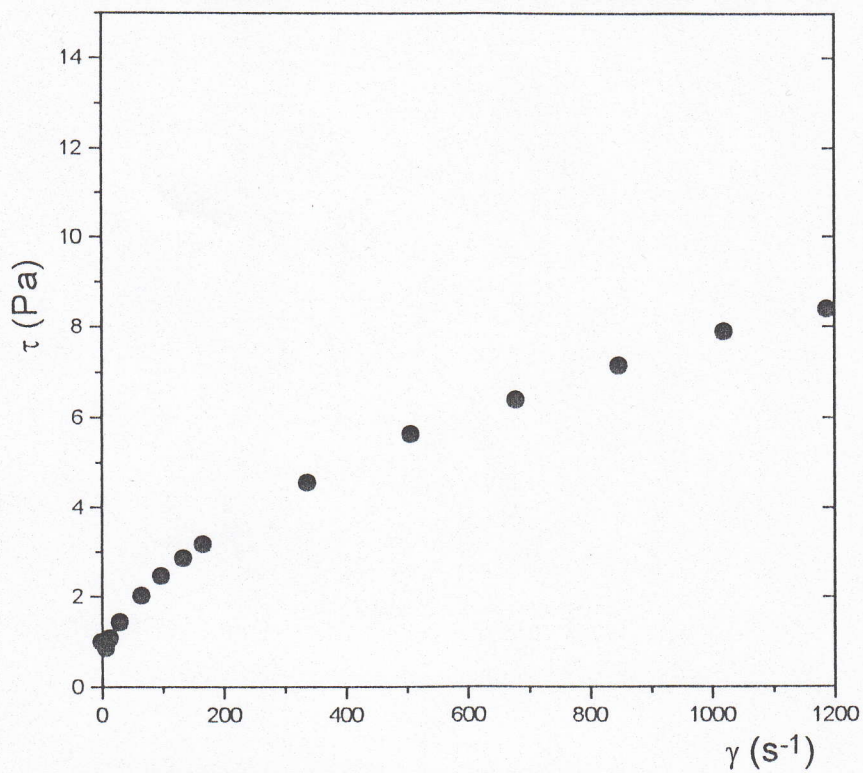


Fig I-19 : Solution de concentration 09%

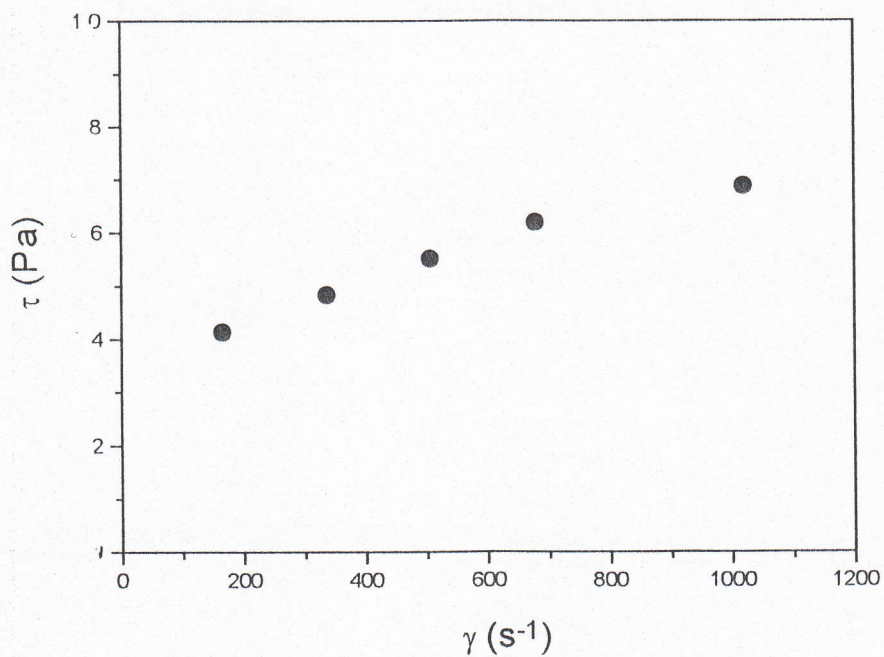


Fig I-20: Solution de concentration de 1%

I-6- Interprétation des résultats :

Les rhéogrammes obtenus pour la solution de carboxyméthylcellulose , basse et haute viscosité, donnent une croissance rapide de la vitesse de cisaillement dans un intervalle allant de 0 à 200 s^{-1} , puis au fur et à mesure que cette dernière augmente, les courbes d'écoulement commence à s'approcher de la linéarité, ce-ci d'une part. D'autre part, cette linéarité est plus claire pour les solutions de faibles concentrations.

Si on parle en terme de viscosité, on constate que les contraintes de cisaillement sont plus importantes dans le cas des solutions de CMC de haute viscosité.

On se saurait se contenter d'une explication simple pour ce type de solution de macromolécules où on peut admettre la forte solvation des molécules dans la dispersion.

La vitesse de cisaillement provoque la destruction progressive de la couche solvatée.

Chapitre II

Détermination des transmissions

Chapitre II : Détermination des transmissions

II-1- Principe :

Les absorbances de la solution aqueuse de CMC ont été mesurées à l'aide d'un calorimètre en fonction des longueurs d'ondes.

II-2- Matériels utilisés :

- Eau distillée,
- Solution de CMC,
- Cuvette pour l'eau distillée,
- Cuvette pour la solution de CMC,
- Calorimètre AQUADATA 275 équipé d'une plage de longueur d'onde λ :

λ (nm) = 660 , 610 , 570 , 530 , 490 , 460 , 420 , 350.

II-3- Mode opératoire :

On utilisant, l'eau distillée comme référence, on règle à chaque fois l'instrument

à $A = 0,00$ pour chaque longueur d'onde, puis on place la cuvette remplie de la solution de CMC dans la trajectoire des rayons, et en relève l'absorbance.

II-4- Relations utilisées :

$$A = \text{Log } I_0 / I = \text{Log } 1 / T \Rightarrow T = e^{-A}$$

* 1^{ère} Opération : CMC BV

Tableau II-1- Résultats expérimentaux « tableau d'absorbances » :

C%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
λ (nm)										
350	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
420	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06
460	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
490	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
530	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
570	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
660	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
610	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05

Tableau II-2- Résultats des transmissions calculés :

C%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
λ (nm)										
350	0,970	0,960	0,960	0,960	0,951	0,951	0,951	0,951	0,941	0,941
420	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,970	0,951	0,941	0,941	0,941
460	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,970	0,960	0,951	0,941	0,941
490	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,951	0,951	0,951	0,941	0,941
530	0,980	0,970	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,941
570	0,980	0,970	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,951
660	0,980	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,951	0,951
610	0,980	0,970	0,970	0,970	0,970	0,960	0,960	0,960	0,960	0,951

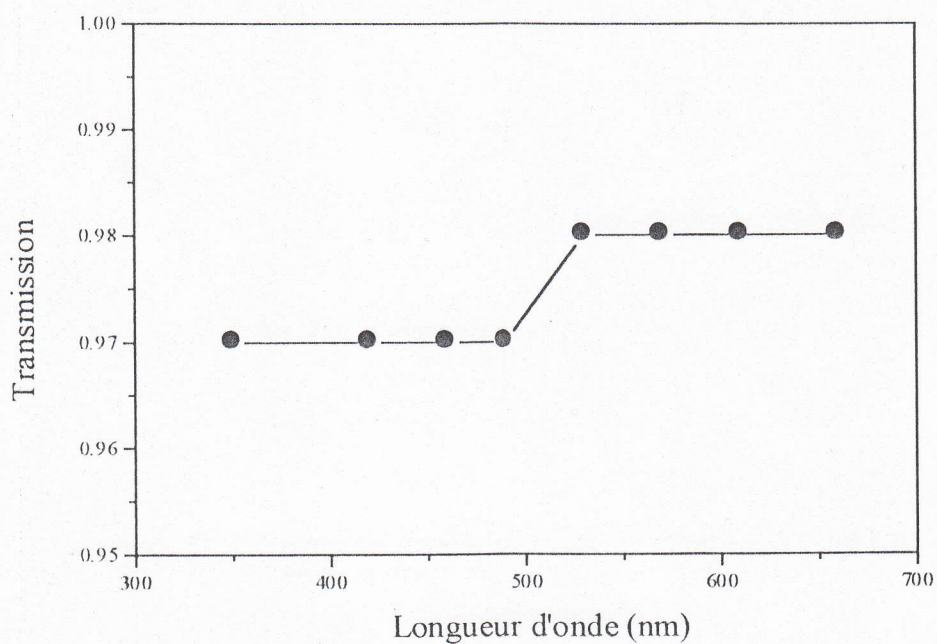
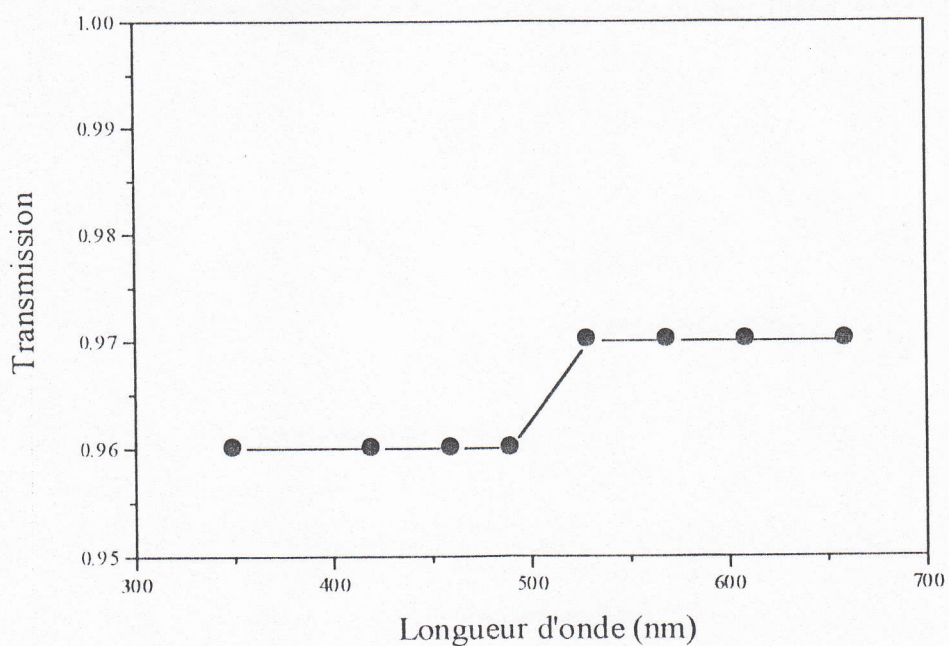


Fig.II-1: solution de concentration de 0.1%



FigII-2: solution de concentration de 0.2%

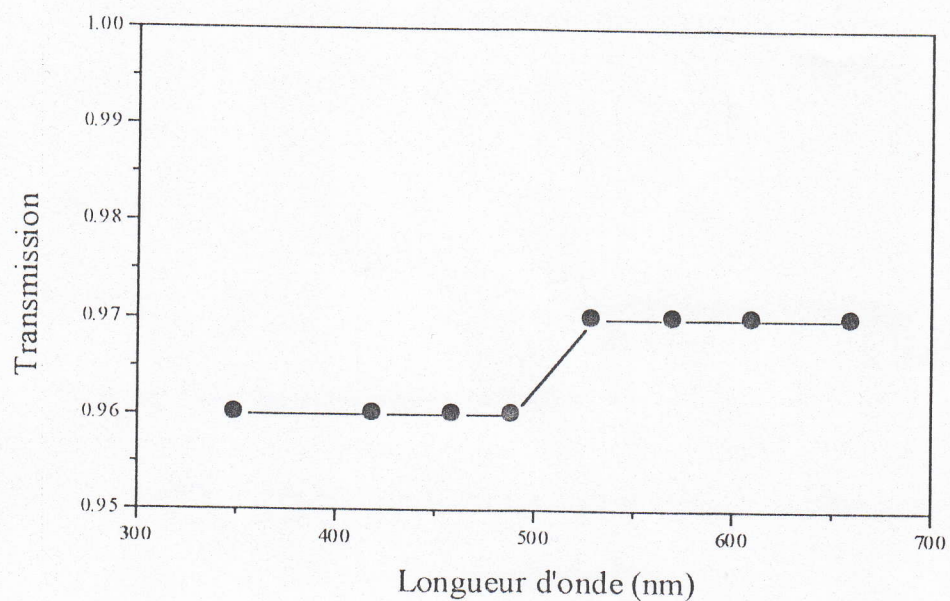


Fig.II-3: solution de concentration de 0.3%

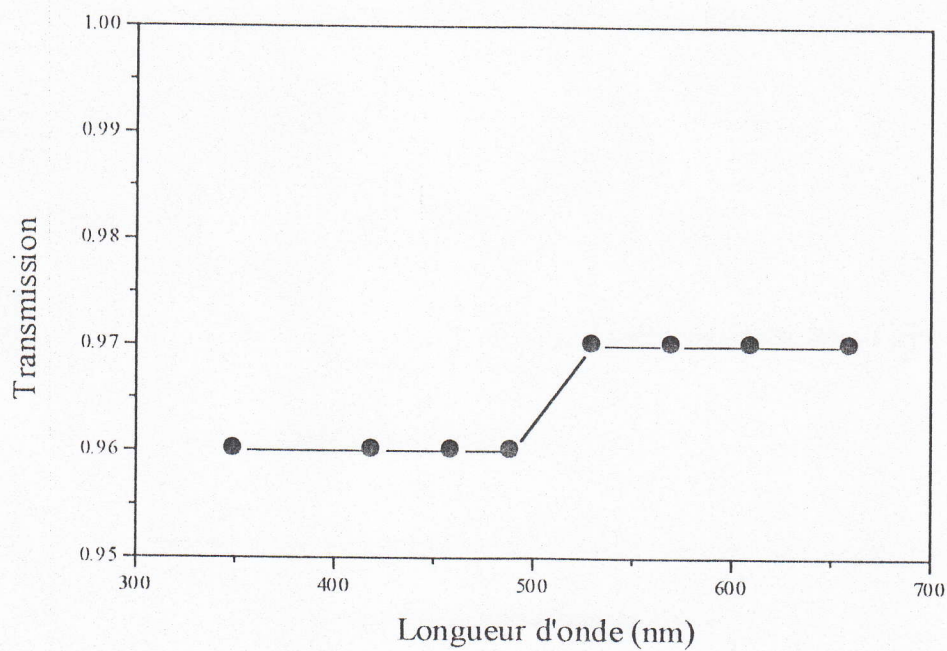
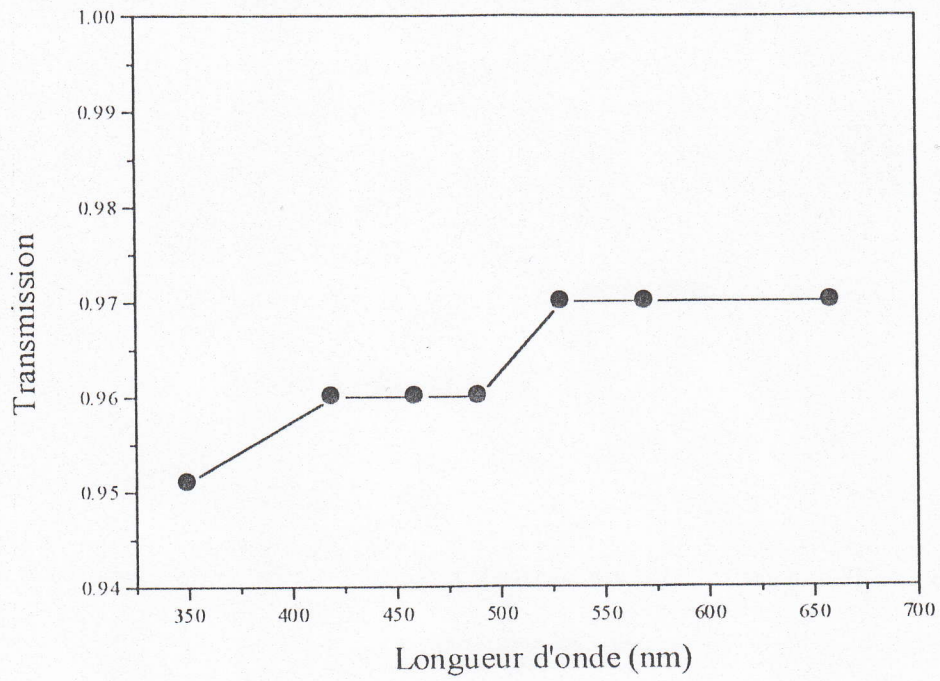


Fig.II-4: solution de concentration de 0.4 %



FigIV-15: Solution de concentration 0,5 %

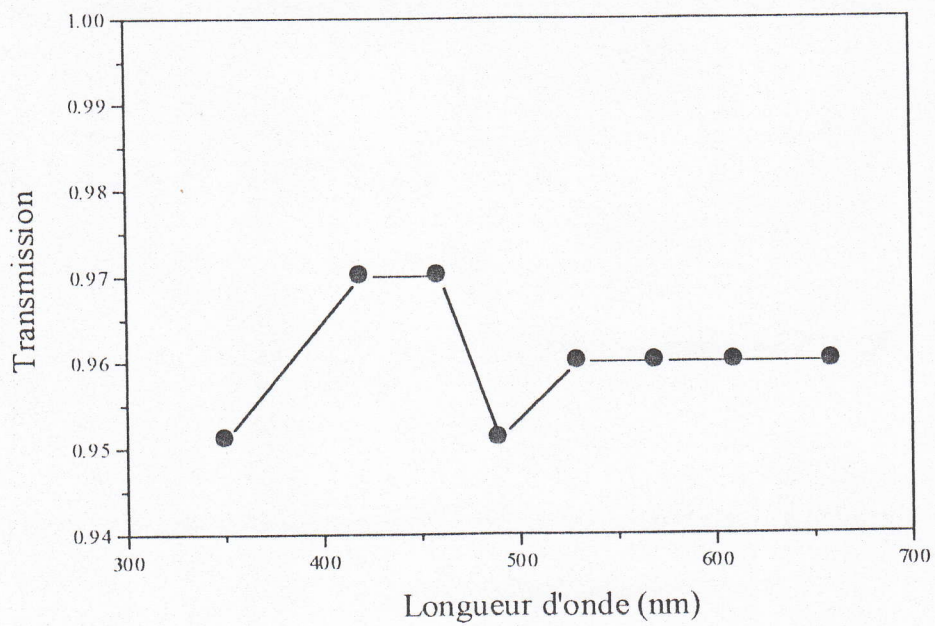
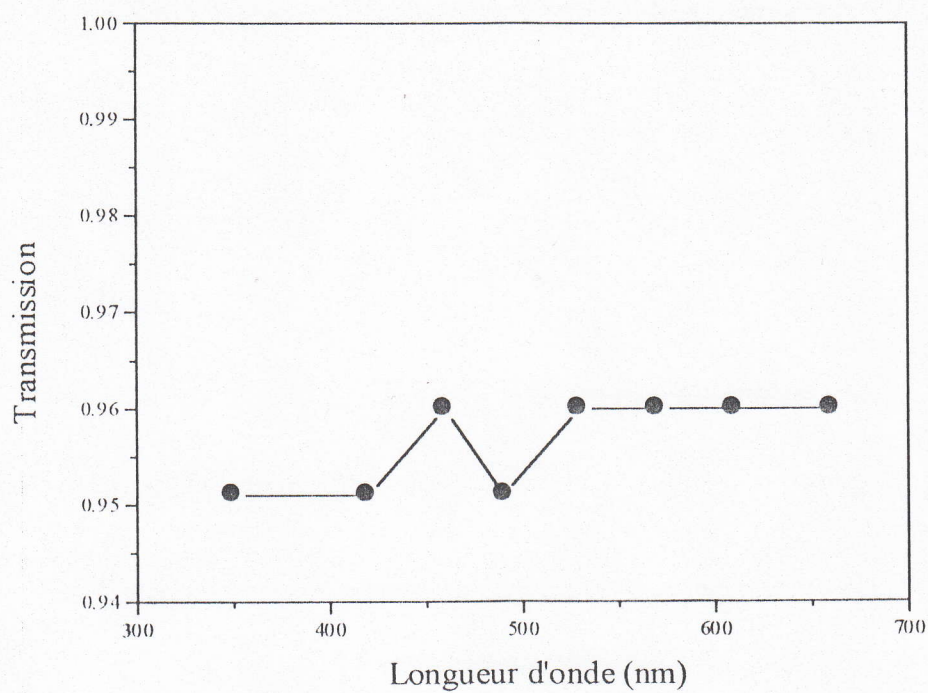
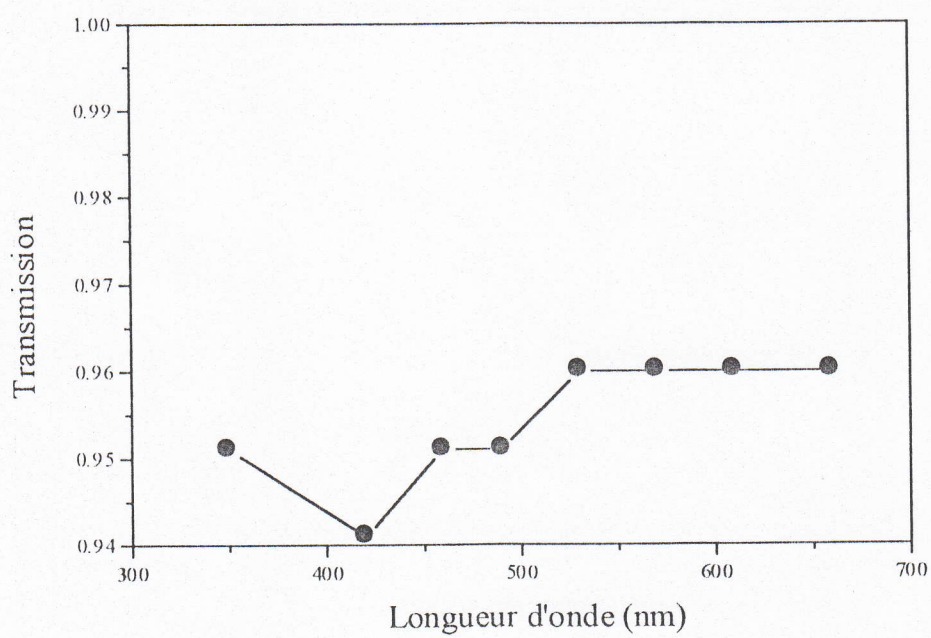


Fig II-6: Solution de concentration 0.6%

**Fig II-7: Solution de concentration 0.7%****Fig II-8: Solution de concentration 0.8%**

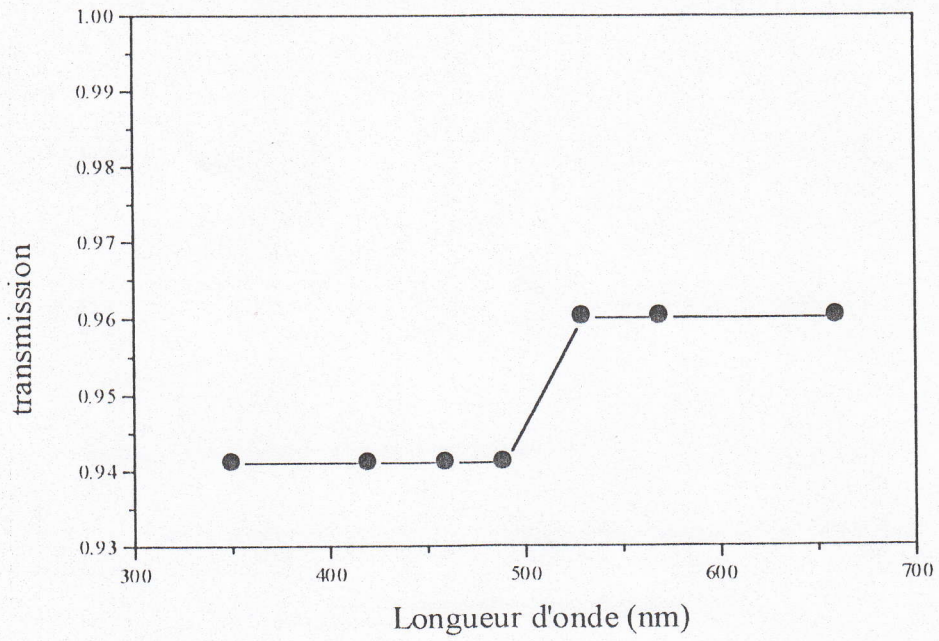


Fig II-9: Solution de concentration 0.9%

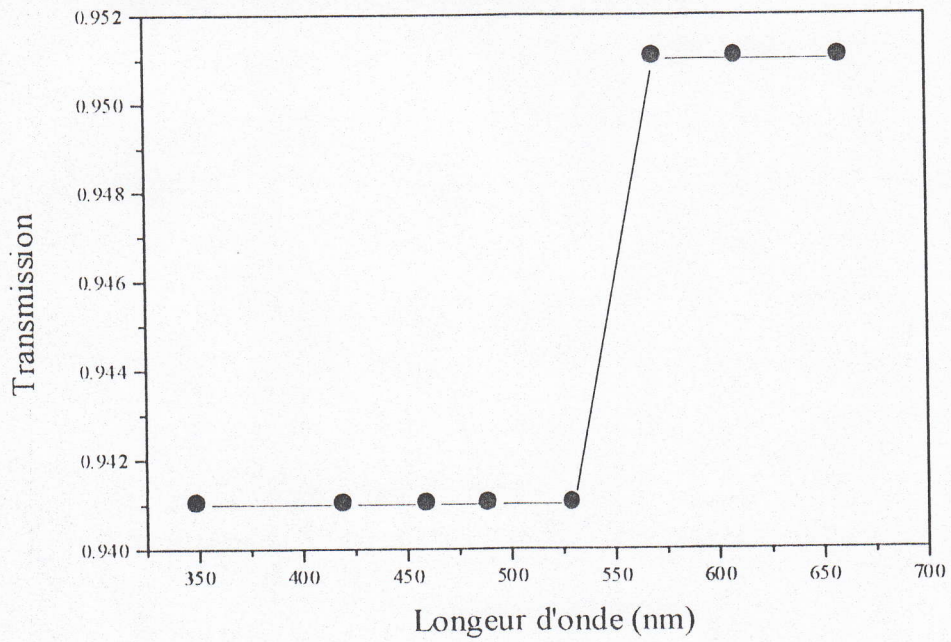


Fig II-10: Solution de concentration 1%

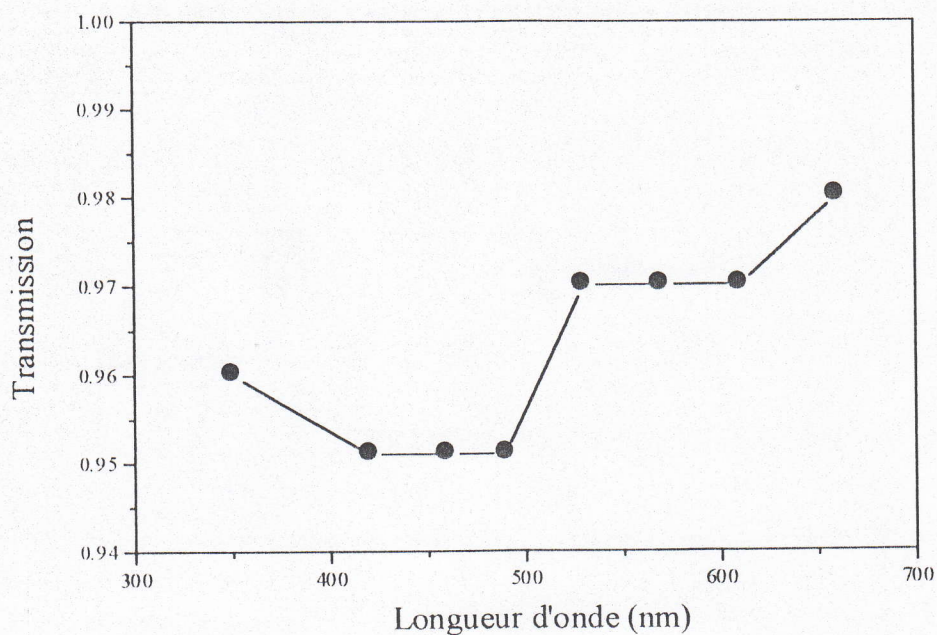


Fig II-11: Solution de concentration 0.1%

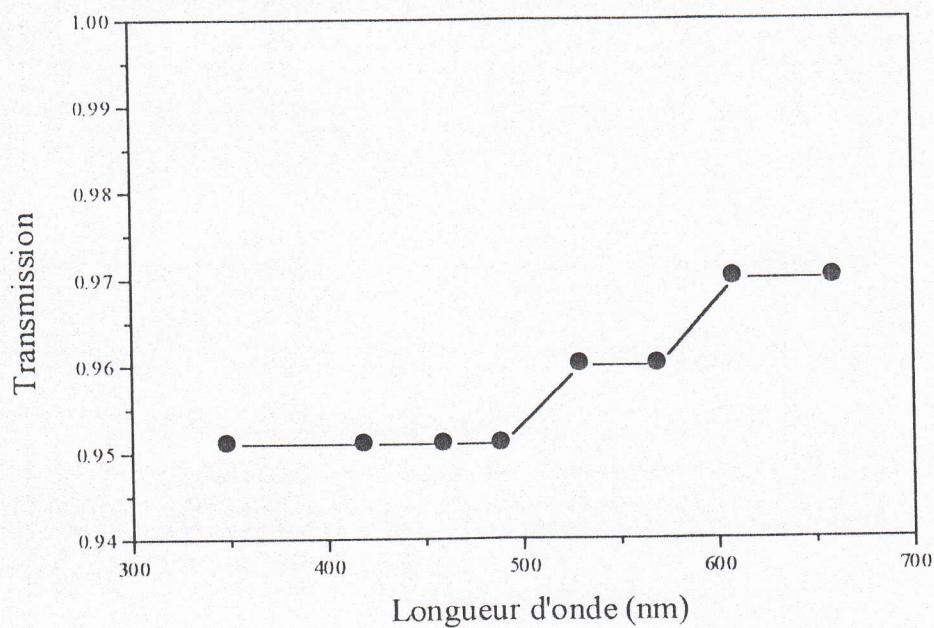


Fig II-12: Solution de concentration 0.2%

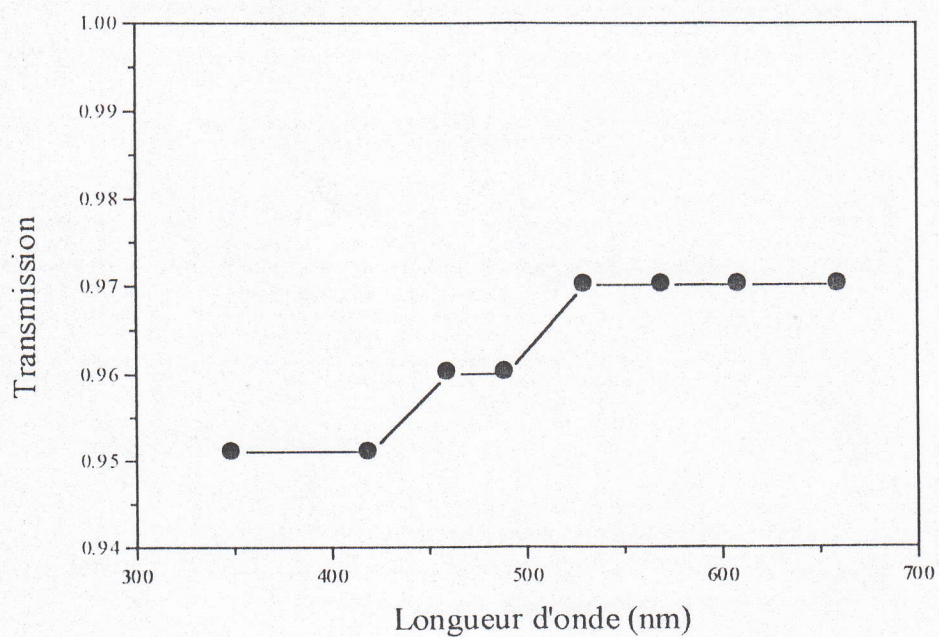


Fig II-13: Solution de concentration 0.3%

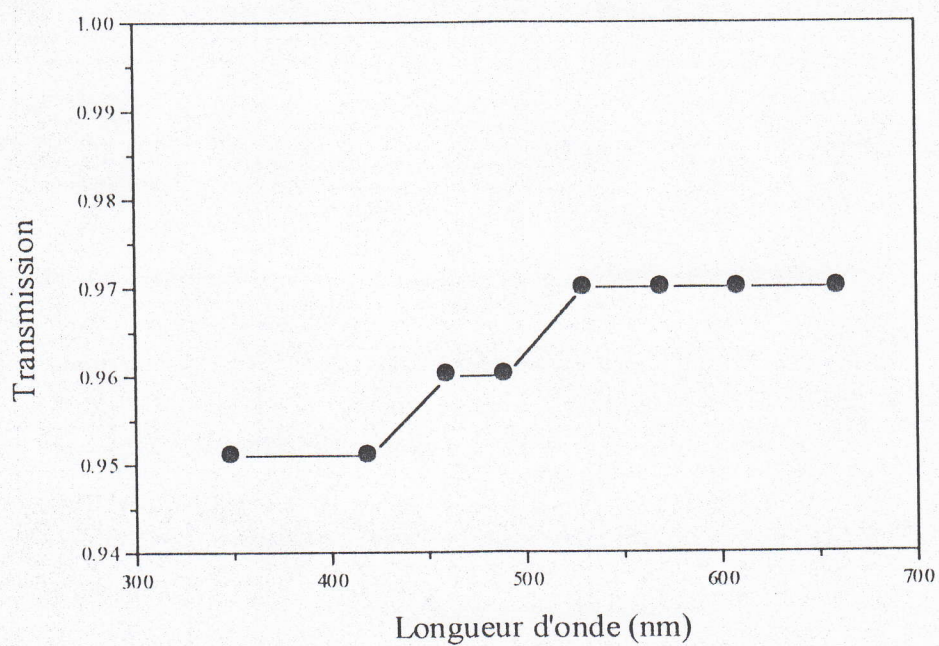


Fig II-14: Solution de concentration 0.4%

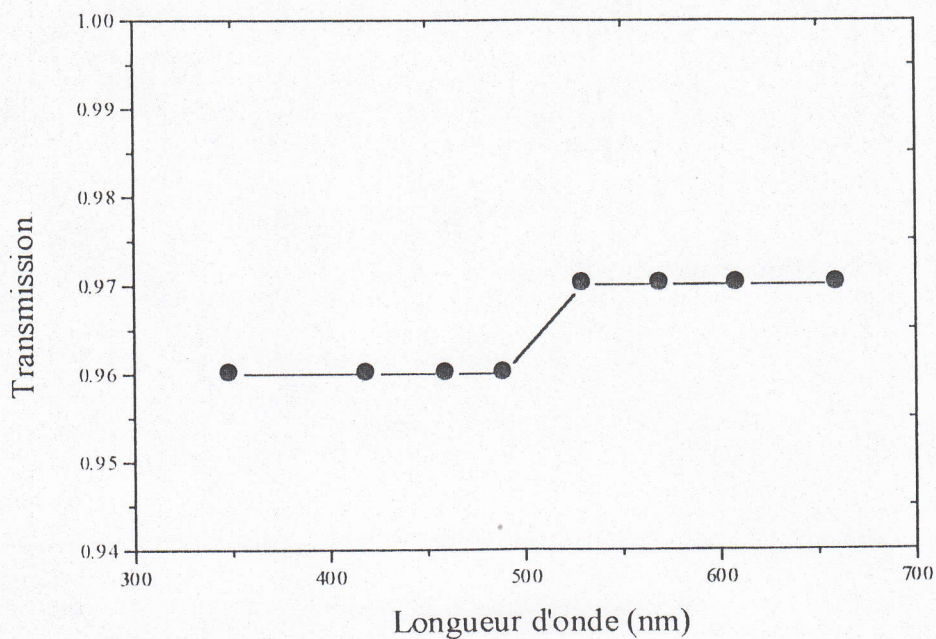


Fig II-15: Solution de concentration 0.5%

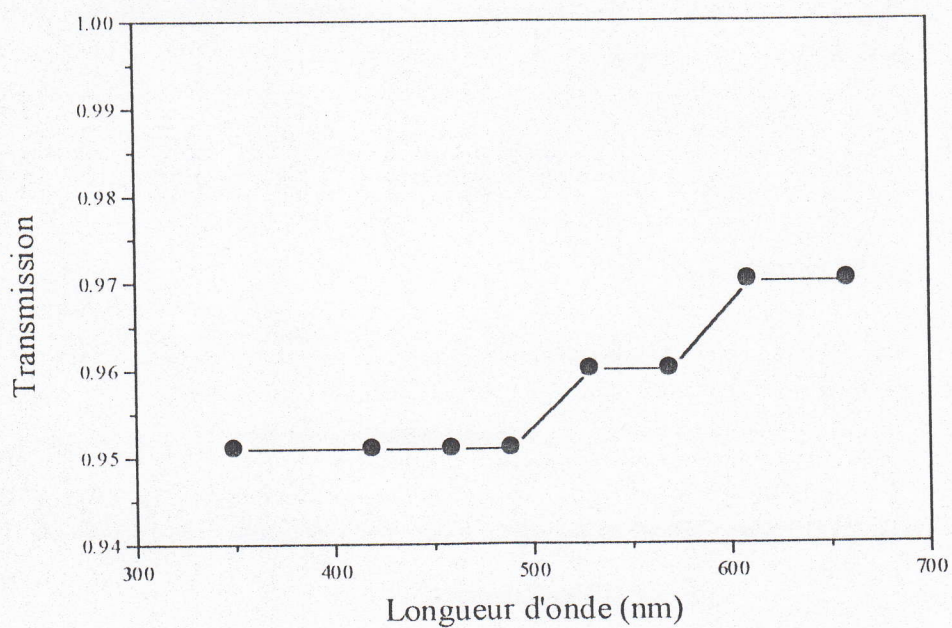


Fig II-16: Solution de concentration 0.6%

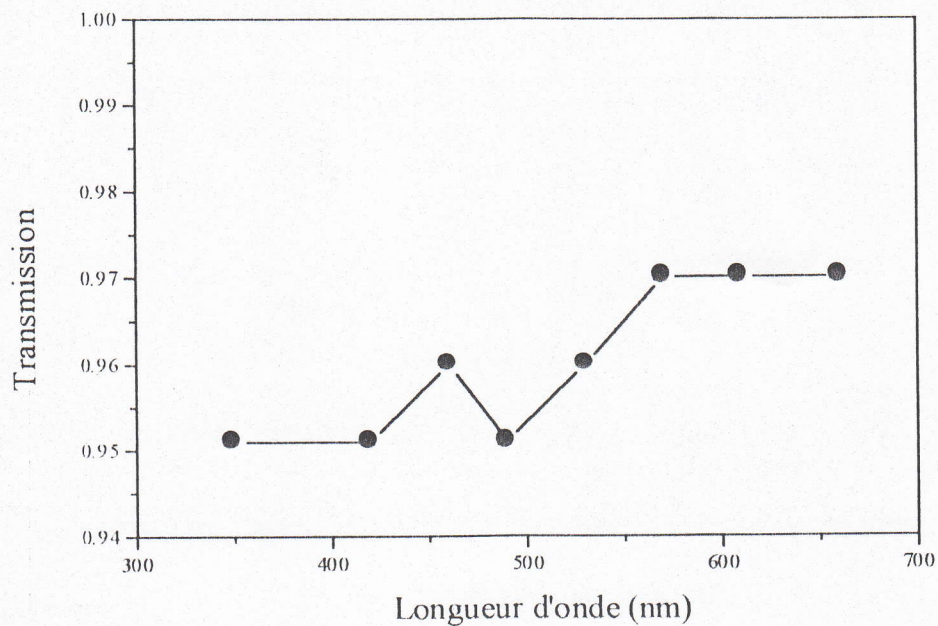


Fig II-17: Solution de concentration 0.7%

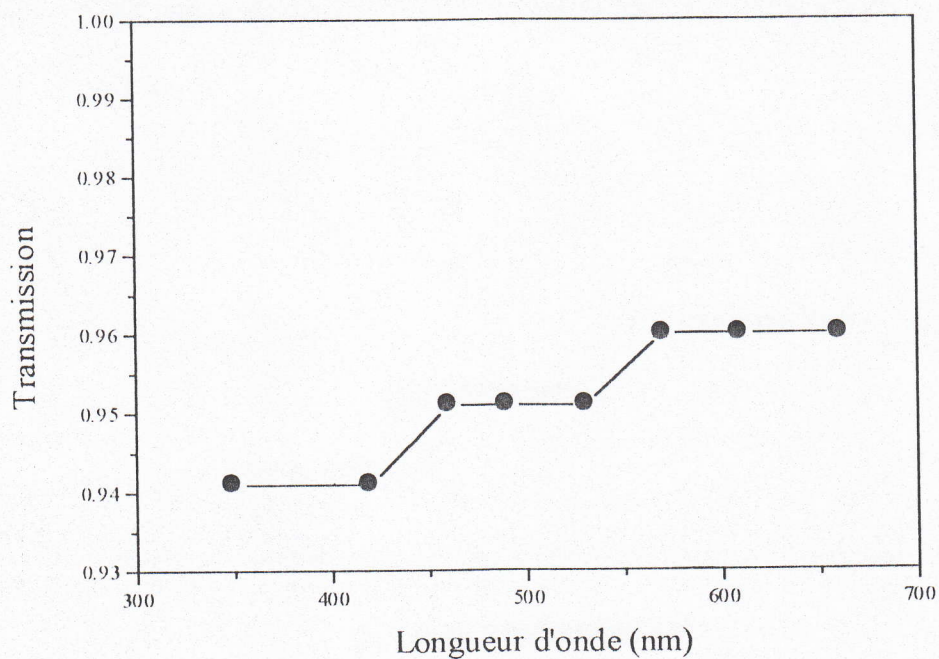


Fig II-18: Solution de concentration 0.8%

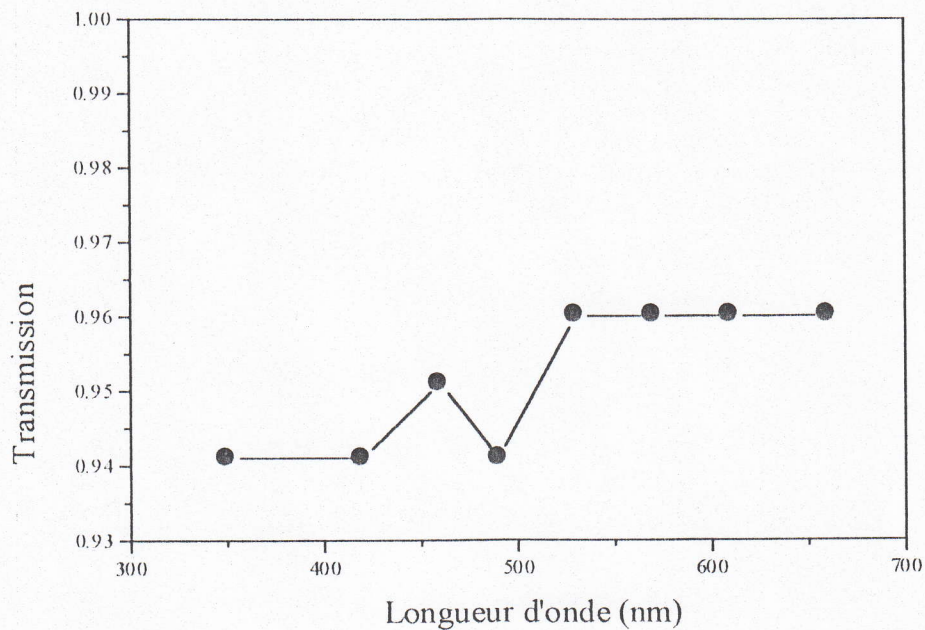


Fig II-19: Solution de concentration 0.9%

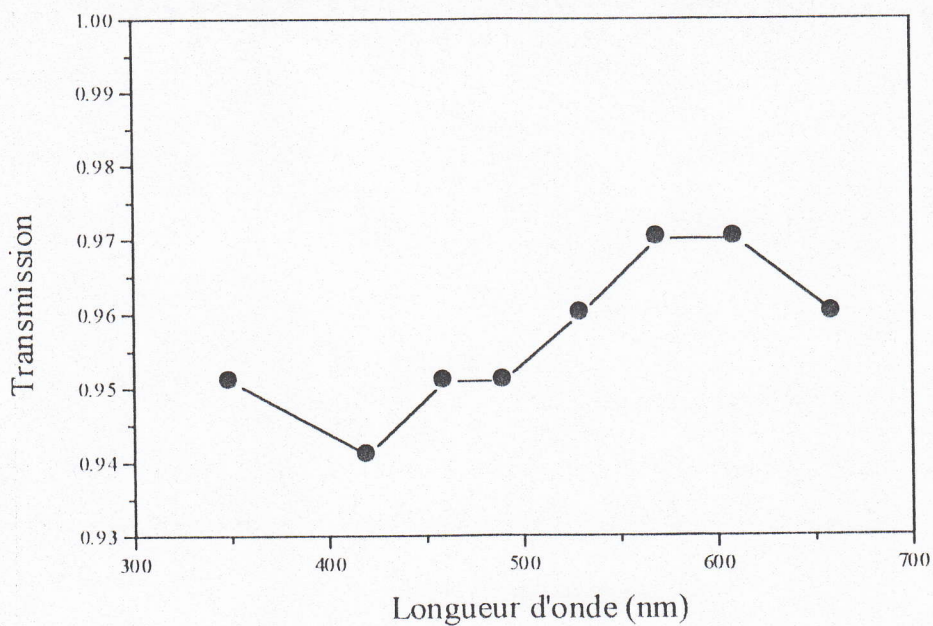


Fig II-20: Solution de concentration 1%

II-5 : Interprétation des résultats :

D'après les figures représentant la variation de la transmission en fonction de la concentration, on constate des absorptions dans un intervalle compris entre 500 et 550 nm pour toutes les solutions de CMC de basse viscosité et de différentes concentrations.

Pour la solution de CMC de basse viscosité la plus concentrée, la figure (II-10) fait apparaître un décalage de l'intervalle où il y avait absorption pour se situer entre 540 et 580 nm.

Concernant les figures, (II-6), (II-7) et (II-8) un deuxième domaine d'absorption est constaté.

Concernant la variation de la transmission en fonction de la concentration pour les solutions de CMC de haute viscosité, l'intervalle de longueur d'onde constaté précédemment (basse viscosité) est le même, mais dans ce cas il est accompagné d'un deuxième intervalle d'absorption pour les dix différentes solutions.

Chapitre III

Calcul des masses volumiques

Chapitre III : Calcul des masses volumiques

III-1- Principe :

Les masses volumiques solutions de CMC sont déterminées à l'aide d'une balance électronique en fonction des concentrations.

III-2- Appareillage :

- Balance électronique,
- Solutions de CMC (BV + HV),
- Bêcher de capacité de 500 ml,
- Pipette de capacité de 50 ml,

III-3- Mode opératoire :

- Mettre la balance électronique en marche,
- Préparer des solutions de CMC de différentes concentration et de différents volumes dans un bêcher,
- Prélever la masse de chaque échantillon,

III-4- Relation utilisée :

$$\rho_{\text{solution}} = M_{\text{solution}} / V_{\text{solution}}$$

ρ_{solution} : Masse volumique de la solution

III-5- Résultats obtenus :

* 1^{ère} Opération : CMC BV :

C %	Masse (g)	Volume (ml)	Masses volumiques (g/cm ³)	Masses volumiques moyenne (g/cm ³)
0.1	1,938	2	0,969	0,974
	3,897	4	0,974	
	5,881	6	0,980	
0.2	1,944	2	0,972	0,975
	3,904	4	0,976	
	5,863	6	0,977	
0.3	1,949	2	0,974	0,977
	3,910	4	0,977	
	5,887	6	0,980	
0.4	1,925	2	0,962	0,978
	3,945	4	0,986	
	5,923	6	0,987	
0.5	1,894	2	0,947	0,980
	3,987	4	0,996	
	5,984	6	0,997	
0.6	1,941	2	0,972	0,982
	3,940	4	0,985	
	5,934	6	0,989	
0.7	1,950	2	0,975	0,985
	3,972	4	0,993	
	5,928	6	0,988	
0.8	1,965	2	0,982	0,987
	3,929	4	0,982	
	5,989	6	0,998	
0.9	5,964	2	0,982	0,988
	3,960	4	0,990	
	5,962	6	0,993	
1	1,973	2	0,986	0,990
	3,968	4	0,992	
	5,958	6	0,993	

III-6- Résultats obtenus :

* 2^{ème} Opération : CMC HV :

C %	Masse (g)	Volume (ml)	Masses volumiques (g/cm ³)	Masses volumiques moyenne (g/cm ³)
0.1	1,983	2	0,991	0,990
	3,964	4	0,991	
	5,935	6	0,989	
0.2	1,966	2	0,983	0,984
	3,941	4	0,985	
	5,907	6	0,984	
0.3	1,934	2	0,967	0,979
	3,935	4	0,983	
	5,924	6	0,987	
0.4	1,914	2	0,975	0,979
	3,943	4	0,985	
	5,886	6	0,976	
0.5	1,940	2	0,957	0,974
	3,892	4	0,985	
	5,838	6	0,981	
0.6	1,873	2	0,997	0,972
	3,810	4	0,973	
	5,718	6	0,973	
0.7	1,906	2	0,936	0,969
	3,932	4	0,952	
	5,826	6	0,953	
0.8	1,903	2	0,953	0,947
	3,754	4	0,983	
	5,674	6	0,977	
0.9	1,871	2	0,951	0,945
	3,760	4	0,938	
	5,705	6	0,945	
1	1,871	2	0,935	0,942
	3,760	4	0,940	
	5,705	6	0,950	

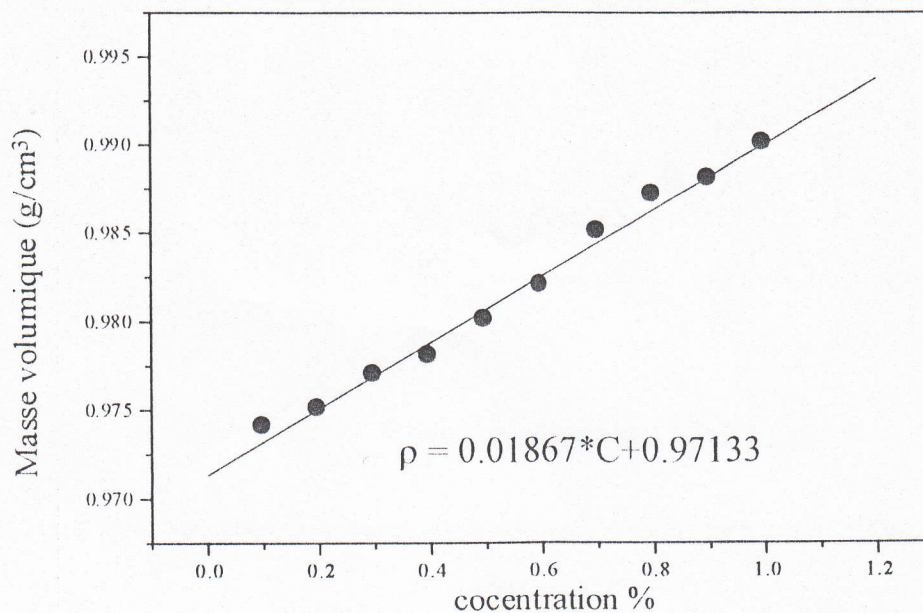


Fig III-1: Masses volumiques en fonction des concentrations

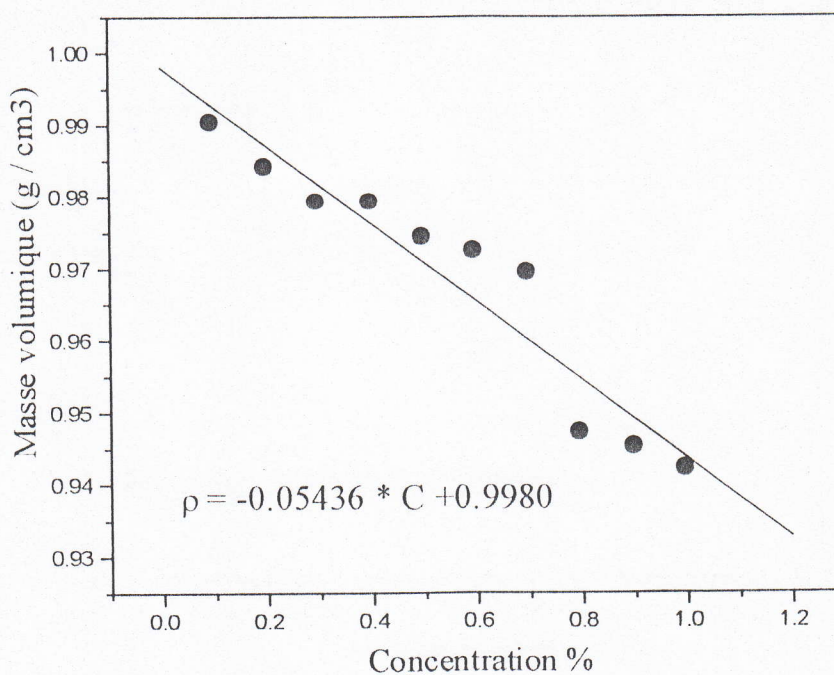


Fig III-2: Masses volumiques en fonction des concentrations

III-5 : Interprétation des résultats :

La figure (III-1) représentant variation de la masse volumique, des solutions de CMC de basse viscosité, en fonction de la concentration donne une variation linéaire ce-ci est due à l'augmentation de la masse de celles-ci en augmentant leur concentrations.

Par contre, un changement de phase pendant l'expérience à pour effet de provoquer, dans les solutions de CMC de haute viscosité, un agrandissement du volume,. Ce-ci donne une proportionnalité inverse entre la masse volumique et la concentration fig (III-2)

Chapitre IV

Calcul des pressions de vapeur saturante

CHAPITRE 4 : CALCUL DES PRESSIONS DE VAPEUR SATURANTES**(P.V.S.) :****IV-1 : Principe : [7]**

Dans une chambre fermée sous pression, on chauffe un échantillon de la solution de CMC ; pendant cette opération, il se produit une évaporation d'une certaine quantité de solution nécessaire pour que la pression dans la chambre corresponde à la pression de vapeur de la température présente. On détermine à partir de la mesure de la pression de vapeur en fonction de la température, la chaleur d'évaporation à différentes températures.

IV-2 : Matériels utilisés :

- Appareil de vapeur, à haute pression de 0 à 60bar
- Pâte thermo-conductrice,
- Solution de CMC,
- Appareil de chauffage,
- Clé plate 24/27,
- Thermomètre,
- Joints,

IV-3 : Mode opératoire: [7]

- L'appareil à vapeur à haute pression est rempli complètement de solution de CMC de différentes concentrations ; aucune bulle d'air ne doit rester dans la tuyauterie de raccordement du manomètre.
- On ferme ensuite avec précaution l'appareil, on ayant pris soin de remplacer les joints détériorés.
- La tige pour la fixation sur le support est retirée et l'appareil est fixé sur l'élément chauffant électrique par un étrier de serrage.
- On introduit le thermomètre dans l'évidement prévu à cette effet, après avoir rempli celui-ci de pâte thermo-conductrice,
- Le récipient sous pression est chauffé jusqu'à ce que le manomètre indique maximum de 16 bar.

- On arrête alors le chauffage électrique et on relève les pressions et les températures pendant la phase de refroidissement.

1^{ère} Opération : C.M.C. Basse viscosité:

Tableau IV-1- Résultats expérimentaux :

C%	T(°C)	1/T(K)	P(bar)	Ln P
1	361,50	0,00157	16	2,772
	361,50	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	356,00	0,00158	10	2,300
	352,50	0,00159	08	2,079
	348,50	0,00160	06	1,790
	342,50	0,00162	04	1,390
	334,00	0,00164	02	0,690
0.9	360,00	0,00157	16	1,772
	360,00	0,00157	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,00	0,00159	10	2,300
	351,50	0,00160	08	2,079
	347,00	0,00161	06	1,790
	340,50	0,00162	04	1,390
	332,00	0,00165	02	0,690
0.8	360,00	0,00157	16	2,722
	360,00	0,00157	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	333,00	0,00165	02	0,690
0.7	360,00	0,00157	16	2,722
	360,00	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	356,00	0,00158	10	2,300
	354,00	0,00159	08	2,079
	350,00	0,00160	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	332,50	0,00165	02	0,690
0.6	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,00	0,00158	12	2,480
	356,00	0,00158	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	347,00	0,00161	06	1,790
	340,00	0,00163	04	1,390
	330,00	0,00165	02	0,690

0.5	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,00	0,00158	12	2,480
	355,00	0,00159	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	347,50	0,00161	06	1,790
	341,00	0,00162	04	1,390
	331,00	0,00165	02	0,690
0.4	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,00	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	332,00	0,00165	02	0,690
0.3	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	356,00	0,00158	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	341,00	0,00162	04	1,390
	332,00	0,00165	02	0,690
0.2	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	356,50	0,00158	10	2,300
	352,50	0,00159	08	2,079
	348,50	0,00160	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	333,00	0,00165	02	0,690
0.1	360,50	0,00157	16	2,722
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	356,50	0,00158	10	2,300
	353,50	0,00159	08	2,079
	349,00	0,00160	06	1,790
	343,00	0,00162	04	1,390
	334,50	0,00164	02	0,690

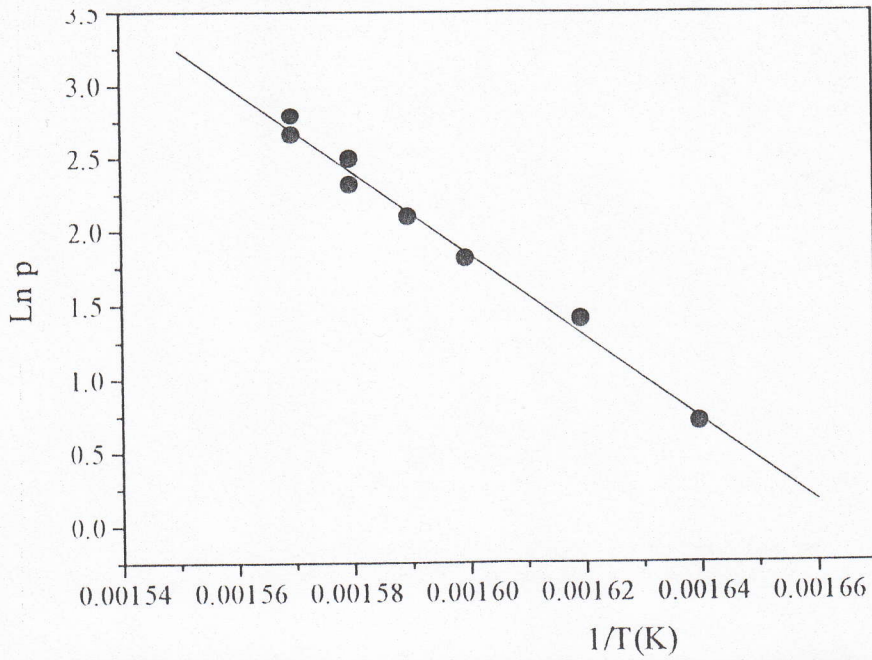


Fig.IV-1: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.1%

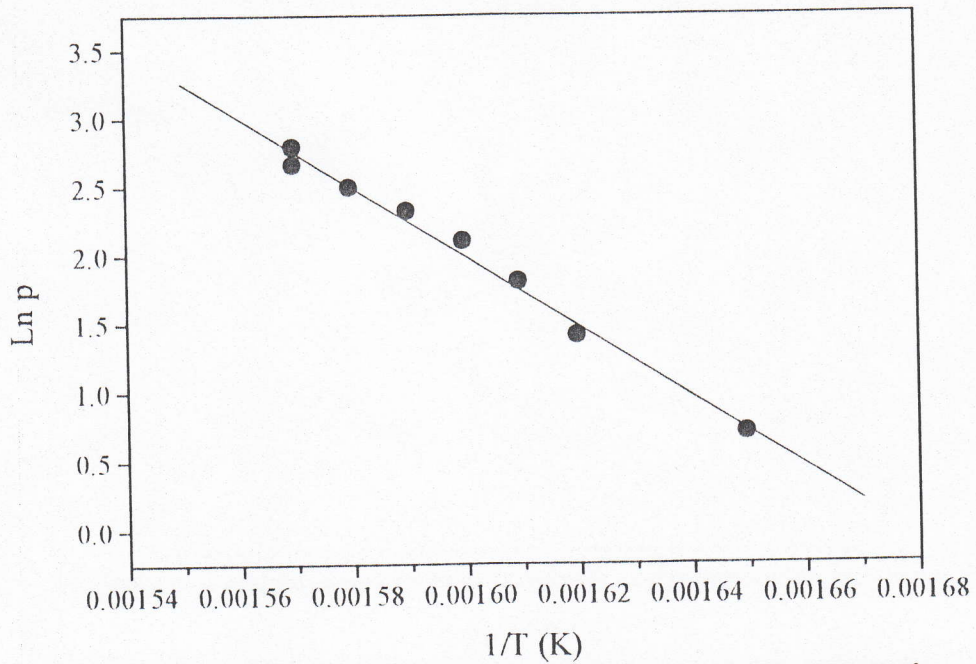


Fig.IV-2: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.2%

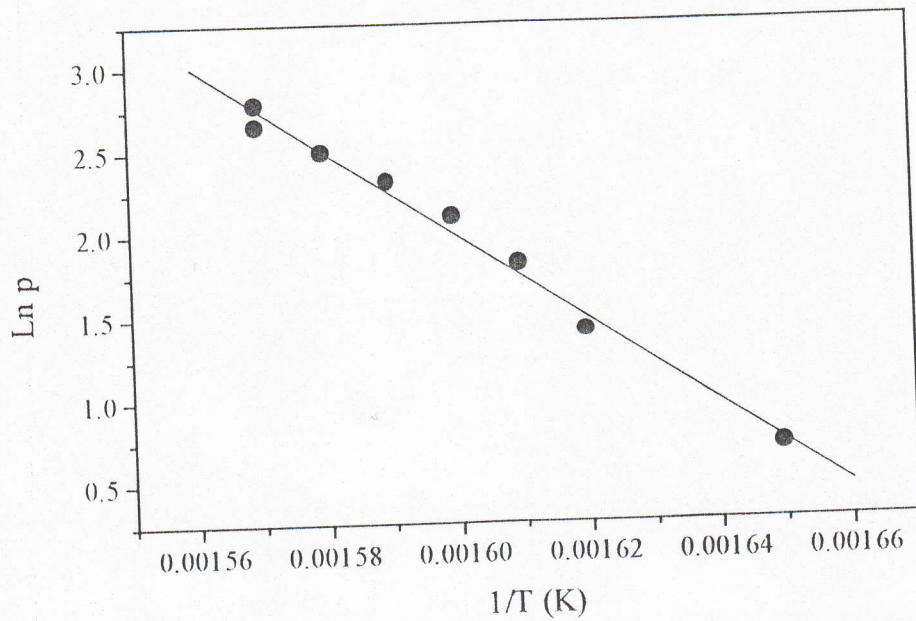


Fig.IV-3: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.3%

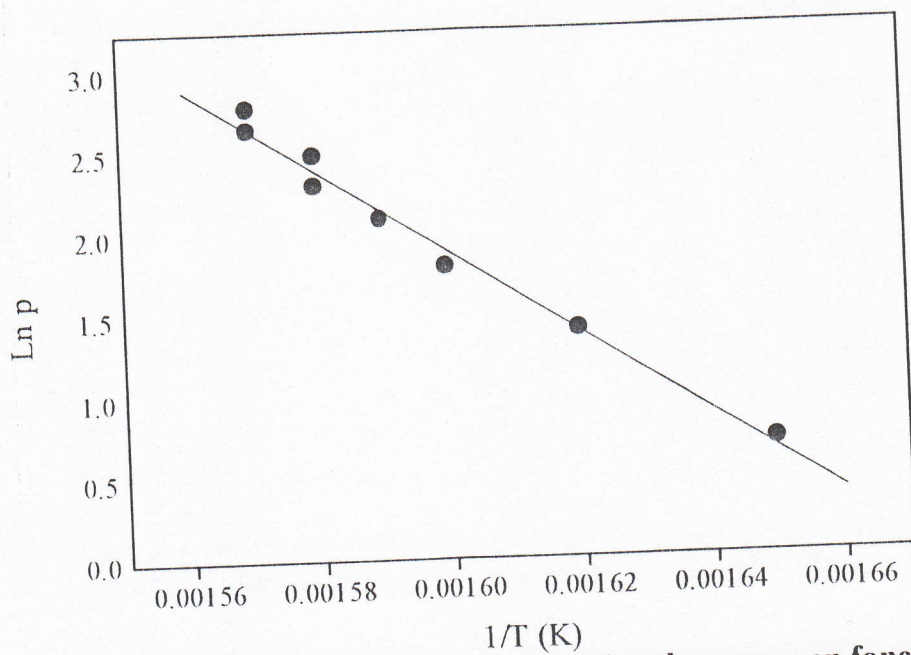


Fig.IV-4: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.4%

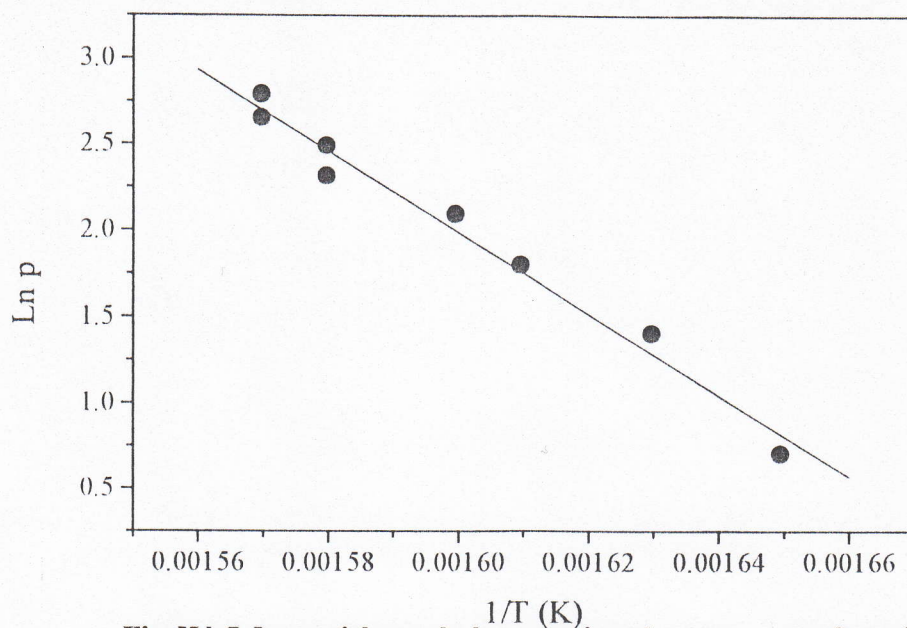


Fig.IV-5: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.5%

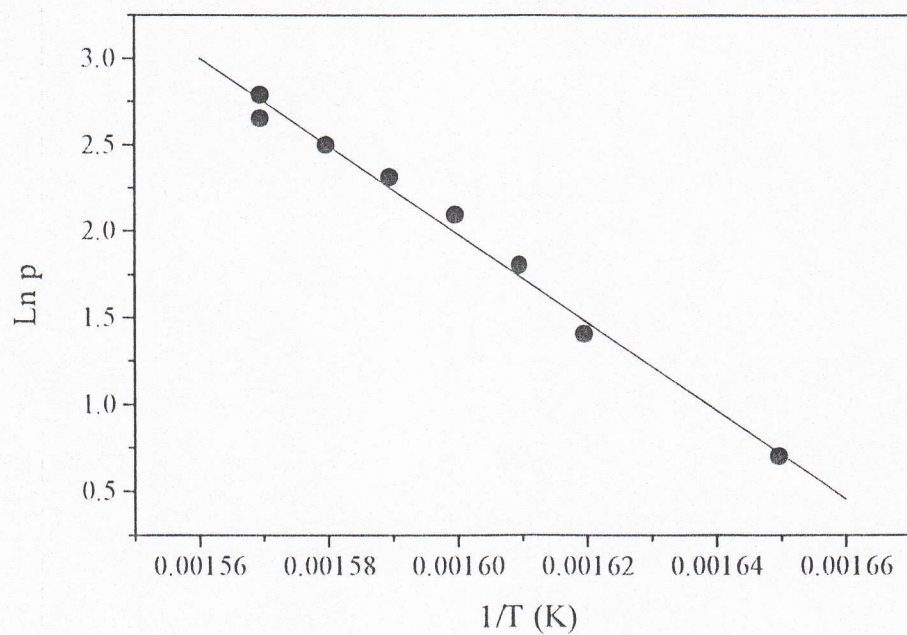


Fig.IV-6: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.6%

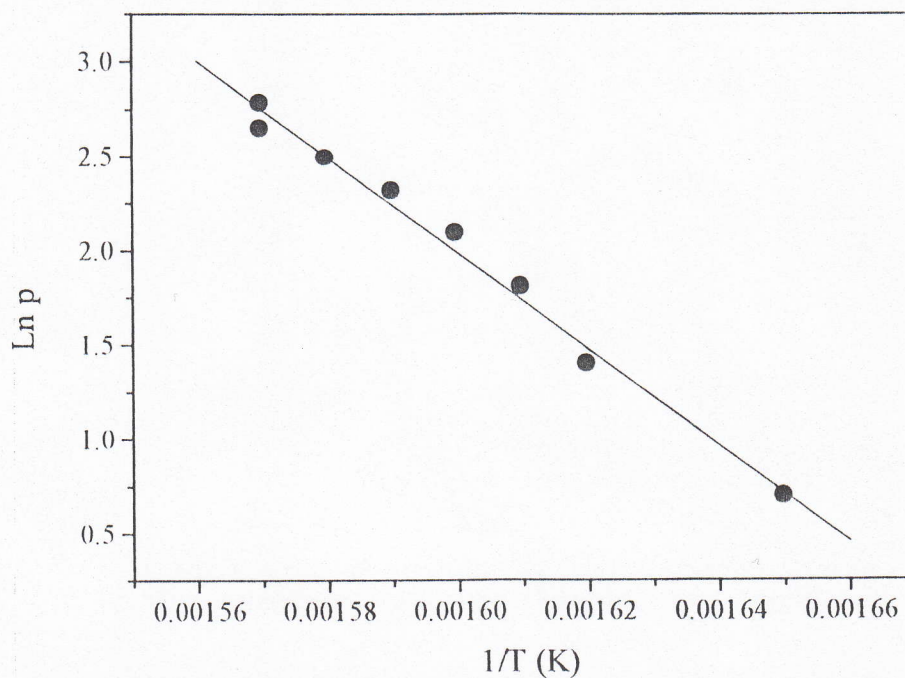


Fig.IV-7: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.7%

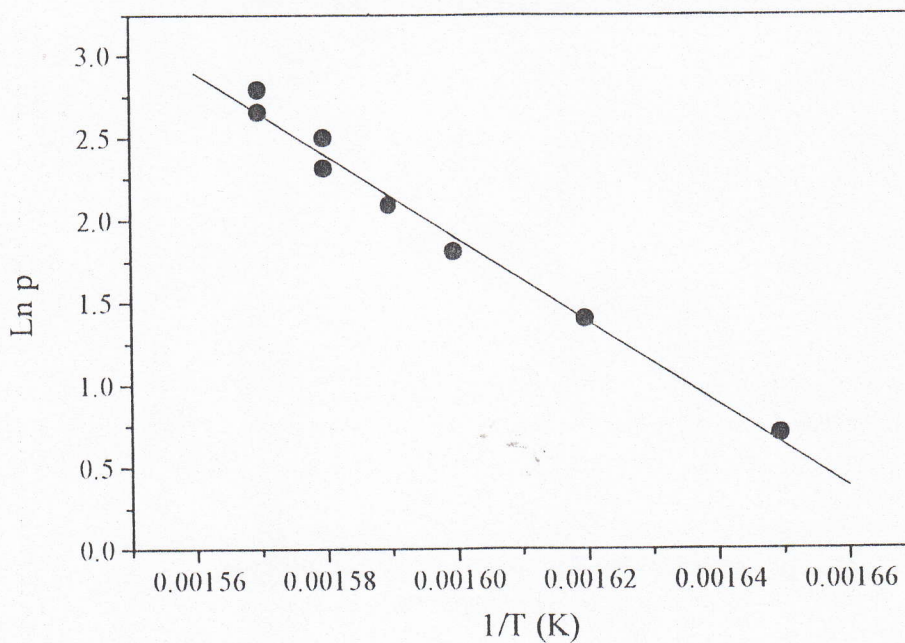


Fig.IV-8: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.8%

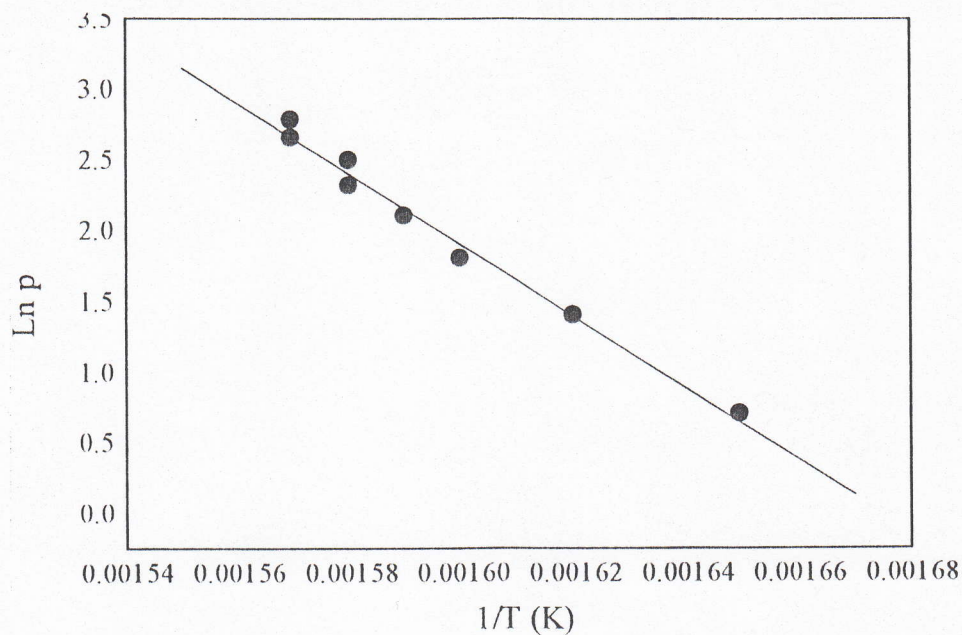


Fig.IV-9:Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.9%

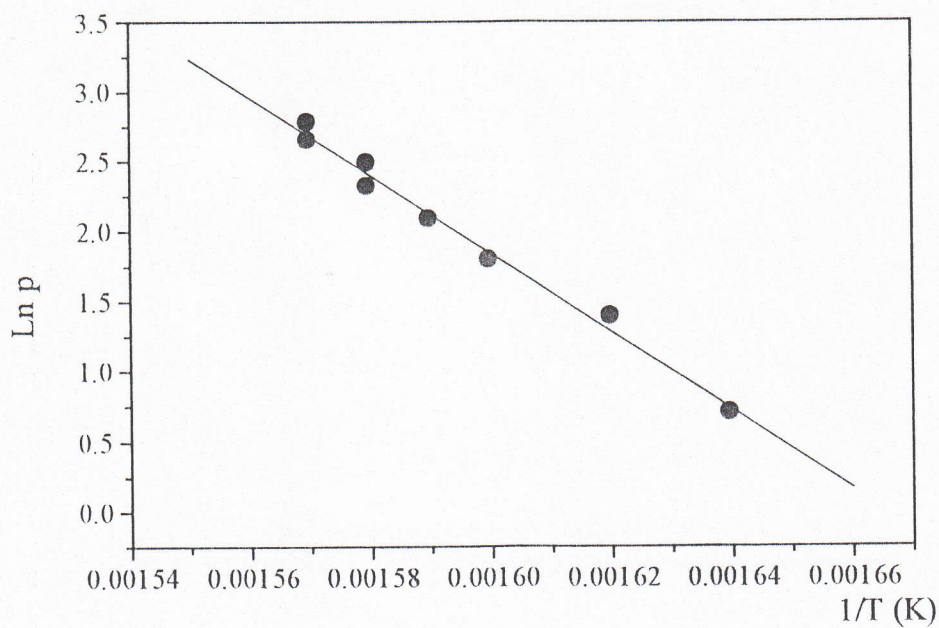


Fig.IV-10:Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 1%

2^{ème} Opération : C.M.C. Haute viscosité:

Tableau IV-2- Résultats expérimentaux:

C%	T(°C)	1/T(K)	P(bar)	Ln P
1	359,50	0,00158	16	2,772
	359,50	0,00158	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	351,50	0,00160	08	2,079
	347,50	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	332,50	0,00165	02	0,690
0.9	360,00	0,00157	16	2,772
	360,00	0,00157	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	351,50	0,00160	08	2,079
	347,50	0,00161	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	333,00	0,00165	02	0,690
0.8	361,50	0,00157	16	2,772
	361,50	0,00157	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,50	0,00159	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	333,50	0,00164	02	0,690
0.7	360,00	0,00157	16	2,772
	360,00	0,00157	14	2,639
	358,00	0,00158	12	2,480
	354,00	0,00159	10	2,300
	350,50	0,00160	08	2,079
	345,50	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	333,50	0,00164	02	0,690
0.6	360,00	0,00157	16	2,772
	360,00	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,50	0,00159	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	333,00	0,00165	02	0,690

0.5	360,50	0,00157	16	2,772
	360,50	0,00157	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,50	0,00159	08	2,079
	347,50	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	332,00	0,00165	02	0,690
0.4	360,50	0,00157	16	2,772
	360,50	0,00157	14	2,639
	358,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	347,50	0,00161	06	1,790
	341,50	0,00162	04	1,390
	332,00	0,00165	02	0,690
0.3	360,50	0,00157	16	2,772
	360,50	0,00157	14	2,639
	358,00	0,00158	12	2,480
	355,00	0,00159	10	2,300
	351,50	0,00160	08	2,079
	346,50	0,00161	06	1,790
	340,00	0,00163	04	1,390
	330,50	0,00165	02	0,690
0.2	360,00	0,00157	16	2,722
	360,00	0,00157	14	2,639
	358,00	0,00158	12	2,480
	355,00	0,00159	10	2,300
	351,00	0,00160	08	2,079
	346,50	0,00161	06	1,790
	340,00	0,00163	04	1,390
	333,50	0,00165	02	0,690
0.1	359,50	0,00158	16	2,722
	359,50	0,00158	14	2,639
	359,50	0,00158	12	2,480
	355,50	0,00159	10	2,300
	352,00	0,00160	08	2,079
	348,00	0,00161	06	1,790
	342,00	0,00162	04	1,390
	333,00	0,00165	02	0,690

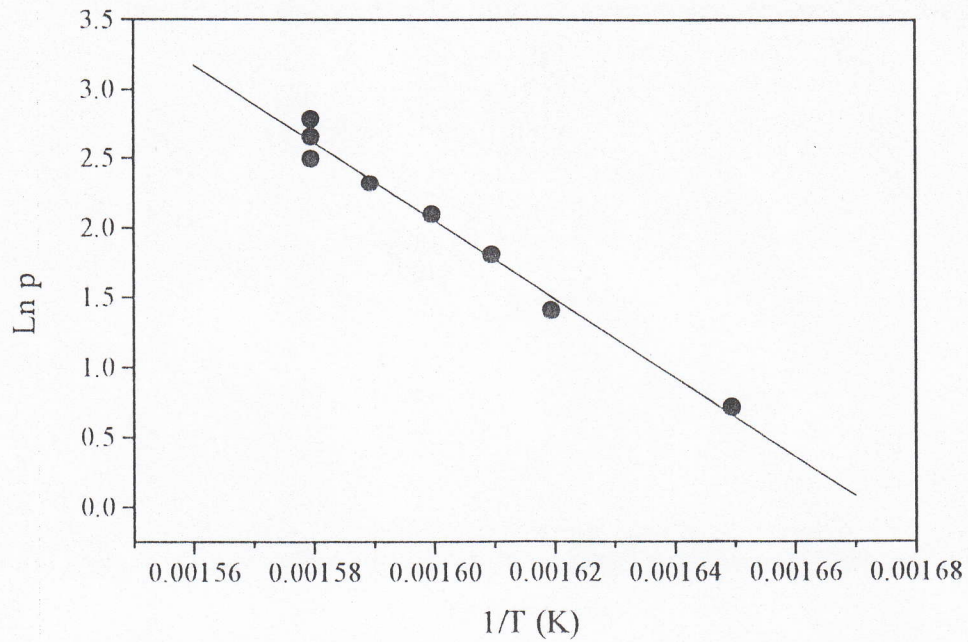


Fig.IV-11: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.1%

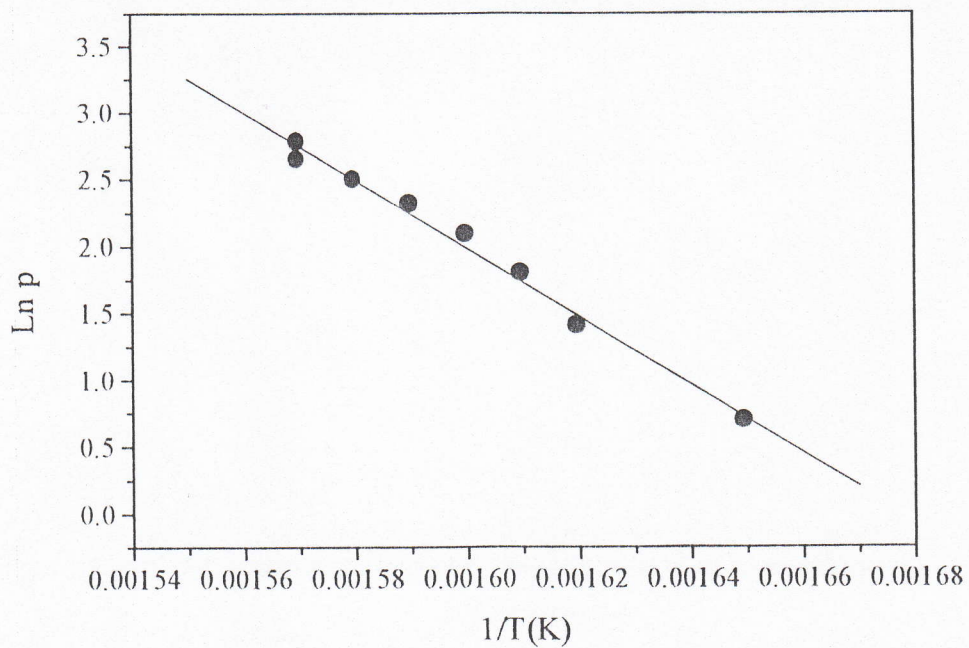


Fig.IV-12: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.2%

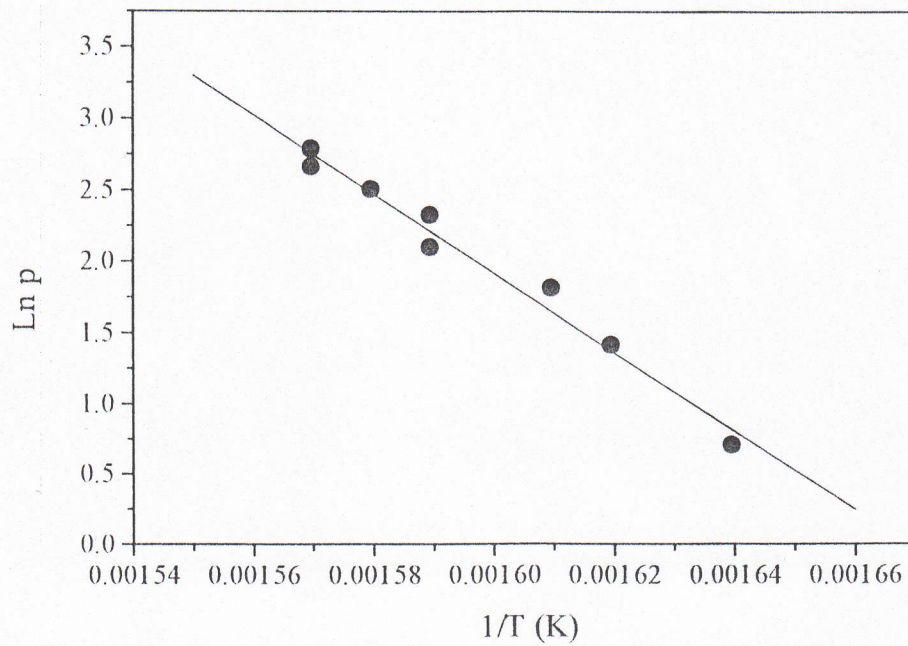


Fig.IV-13: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.3%

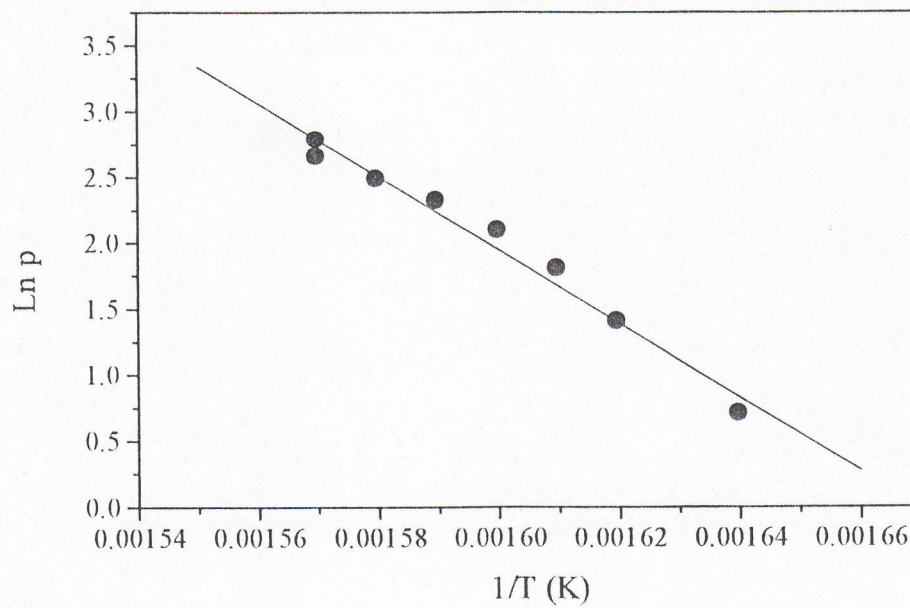


Fig.IV-14: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.4%

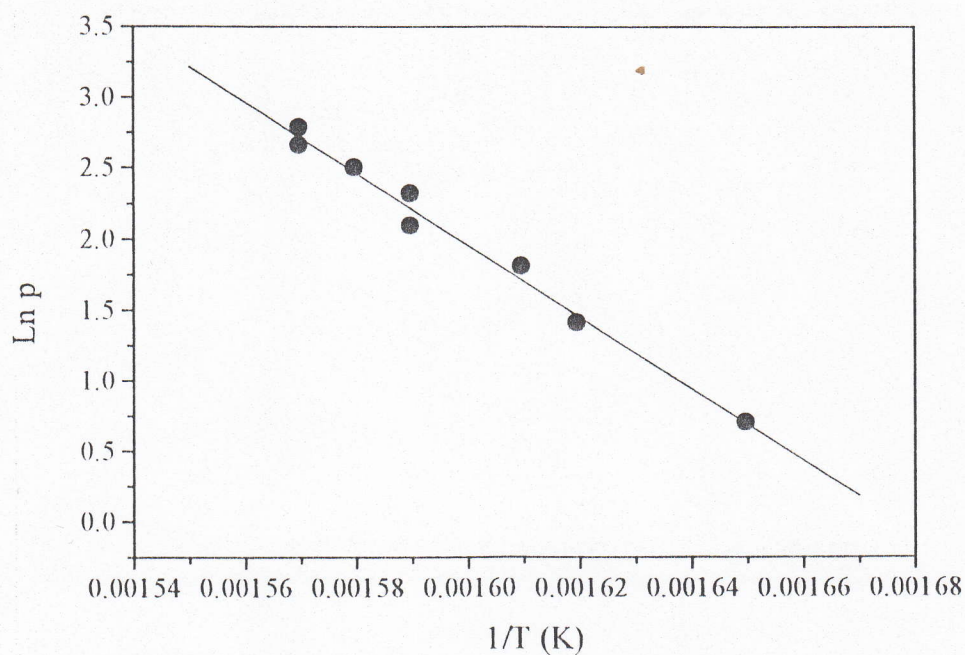


Fig.IV-15: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.5%

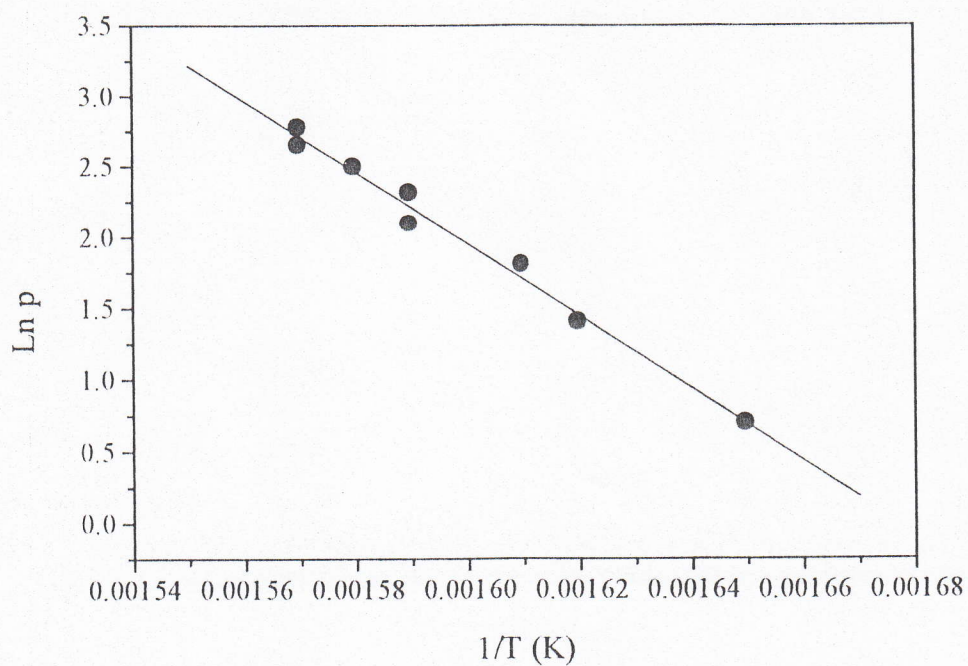


Fig.IV-16: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.6%

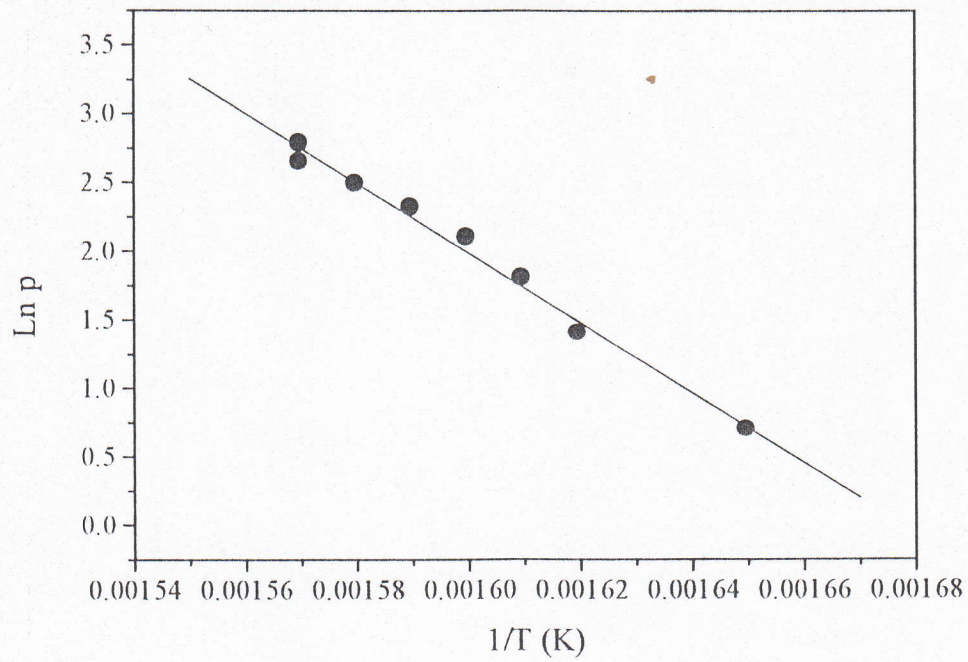


Fig.IV-17:Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.7%

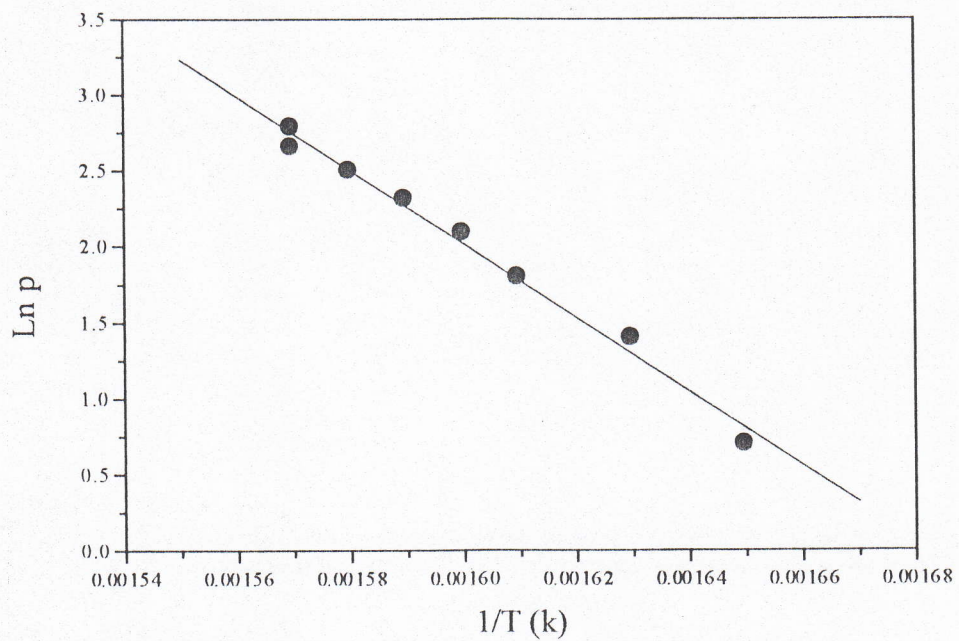


Fig.IV-18:Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.8%

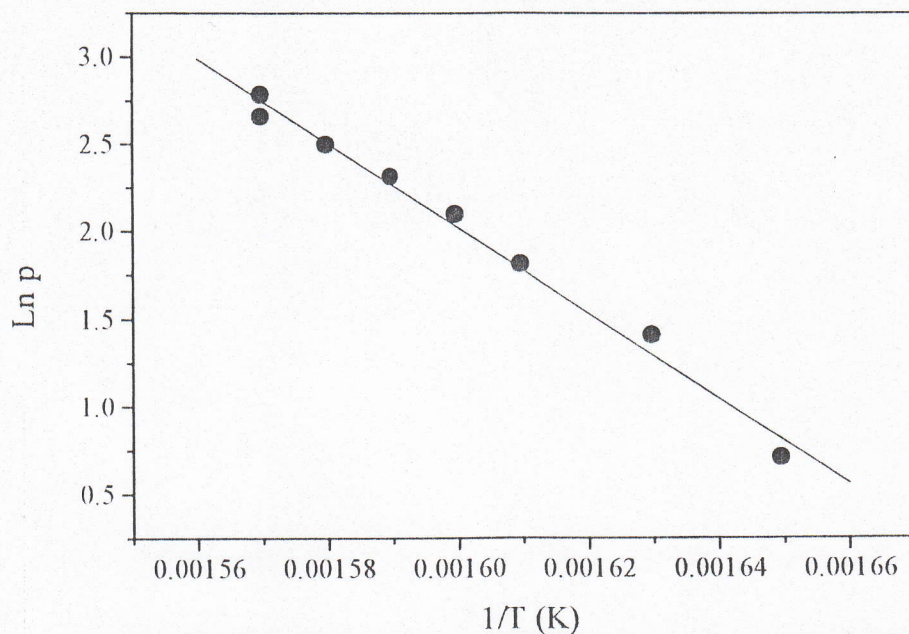


Fig.IV-19: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 0.9%

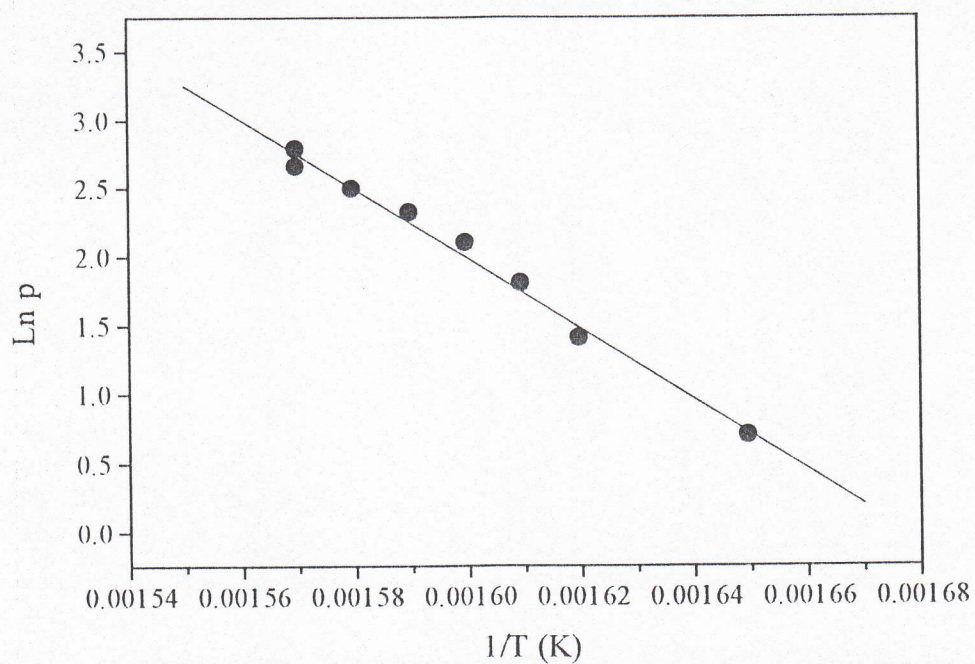


Fig.IV-20: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température 1%

3^{ème} opération : L'EAU DISTILLÉE :

Tableau IV-3 : Résultats expérimentaux :

T(°C)	1/T(K)	P(bar)	Ln P
360,00	0,00157	16	2,722
360,00	0,00157	14	2,639
360,00	0,00157	12	2,480
357,00	0,00158	10	2,300
354,00	0,00159	08	2,079
349,00	0,00160	06	1,790
339,50	0,00163	04	1,390
331,00	0,00165	02	0,690

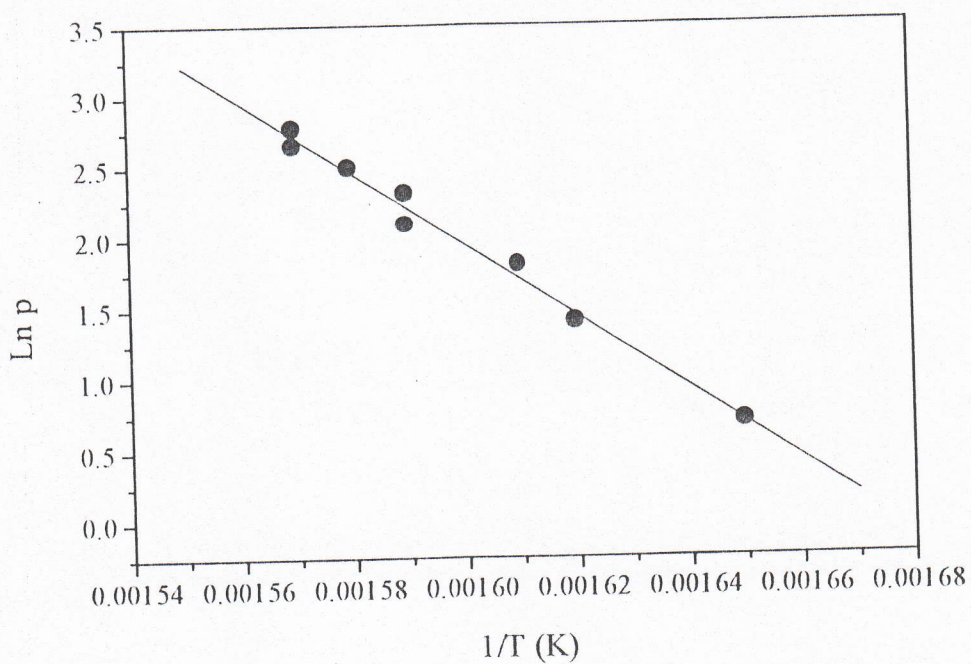


Fig.IV-21: Logarithme de la pression de vapeur en fonction de la valeur réciproque de la température (eau distillée)

IV-4 : Interprétations des résultats :

Les représentations graphiques des valeurs expérimentales, des solutions de CMC basse et haute viscosité ainsi que celle de l'eau distillée, nous donnent une variation approximativement linéaire entre $\ln P$ et $1/T$; ce-ci s'explique par la tendance des molécules, des solutions étudiées, à s'échapper de la phase liquide pour engendrer une phase vapeur.

Conclusion :

De notre présente étude, on peut tirer les conclusions suivantes :

- Les solutions de carboxyméthylcellulose, basse et haute viscosité, sont des fluides non newtoniens puisque leur comportement rhéologique obéit à la loi d'OSTWALD avec un indice d'écoulement inférieur à un ($n < 1$) et ceci est valable pour les différentes concentrations étudiées.
- Les solutions de CMC à basse viscosité absorbent à lumière UV dans un intervalle de longueur d'onde variant de 500 à 550 nm. Tandis que celles de haute viscosité absorbent la lumière UV dans deux domaines dont l'un est identique au premier.
- Les solutions de CMC à basse viscosité ont une masse volumique qui varie proportionnellement avec la concentration. dans le cas des solutions de CMC de haute viscosité on a eu une proportionnalité inverse de la variation de la masse volumique en fonction de la concentration.
- La variation de la pression de vapeur saturante, des solutions de CMC de haute et basse viscosité, en fonction de la température est pratiquement linéaire.

En dernier lieu, on peut dire que cette étude a permis de connaître les principales caractéristiques physiques des solutions de CMC, néanmoins, elle peut être complétée par l'étude d'autres paramètres physiques.

Bibliographie :

[1] – N. MIDOUX,

« Mécanique et rhéologie des fluides en génie chimique »

Nancy, Paris, Edition 1993

[2] – P. WUITHIER

« Raffinage et génie chimique pétrole » Tome I

Edition Technip 1972

[3] – T. BENKHADDA, N. ZAHOUANI

« Etude et amélioration des caractéristiques rhéologiques d'un laitier allège dans
une zone salifère »

Mémoire de fin d'études, Centre universitaire de Ouargla
promotion 1997

[4] - M. CHAVANE, A. JULLIEN, G.J. BEAUDOIN, E. FLAMAND

« Chimie organique expérimentale »

Edition BELUI 1996

[5] – NL. BAROID

« Testing équipement catalogue »

Edition 1984 - 1985

[6] -

« Instruction manual part N° 286070001.E.A »

Company HOUSTON, TEXAS Edition 1995

[7] - *« Travaux pratiques physique » Volume 2*
Série de publication PHYWE Edition 1982

[8] - S. TAREK

« Amélioration des méthodes d'analyses des métaux lourds dans la baryte »

Mémoire de fin d'études, Centre universitaire de Ouargla
promotion 1999