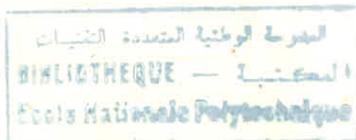


ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

Genie Chimique



PROJET DE FIN D'ÉTUDES

SUJET

Compétitivité et mécanisme  
d'adsorption en phase liquide  
du c1ccccc1, c1ccc(O)cc1 et c1ccc(O)cc1  
sur Charbon actif.

Proposé par :

R. BENAZZOUZ

Étudié par :

H. DEBIH

Dirigé par :

R. BENAZZOUZ

PROMOTION : Juin 1986.



DEDICATIONS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

A mon père

A ma mère

A mes frères MILOUD , SAID, HATEM , HICHAM, **SABER**

A mes sœurs SALIHA , FAIROUZ , NAZIHA, SOUAD , AICHA  
SOUMIA .

A tous ceux qui ont contribué à concrétiser ce projet ,  
et à tous ceux qui me sont chers,

**A NAZIHA**

je dédie ce modeste travail :

REMERCIEMENTS  
=====

Ce travail a été réalisé dans le laboratoire du département génie chimique (Ecole Nationale Polytechnique) sous la direction de Mr. R. BENAZZOUZ. Qu'il trouve l'expression de ma profonde gratitude et ma reconnaissance pour la bienveillance avec laquelle il m'a guidé tout au long de ce projet ainsi que pour sa collaboration ;

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à

Mme MOHELLEBI

Mme DJELLAS

Mr VANTCHOURINE

Mr GRYZWNA

pour avoir bien voulu faire partie du jury,  
que toutes personnes ayant participé de près ou de loin à ce travail, en particulier Mrs MENAD, Said, SALAH... , trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

وزارة التعليم العالي

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

DEPARTEMENT : Genie Chimique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE - الهندسة الكيميائية  
Ecole Nationale Polytechnique

PROMOTEUR : R. BENAZZOUZ

موجه : ر. بن عذور

ELEVE INGENIEUR : HADI DEBIH

تلميذ مهندس : الهادي ديبج

الموضوع : تنافسية وطريقة الامتزاز في محلول مائي للبنزين، الفينول والسكروكسانول  
على الفحم المنشط  
المائع : من خلال دراستنا لركيبة الامتزاز في محلول مائي، وباستعمال منحنيات تغير  
الكميات الممتزة بدلالة الجذر التربيعي لزمان الاتصال ودراسة انتشار هذه الجزئيات  
عبر طبقة المسائل متى تصل إلى السطح والمراكز السطحية، توصلنا إلى ملاحظة  
أهمية بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية وتركيب الجزئيات على ظاهرة الامتزاز  
بالنسبة لمحلول وجمع معطيين.

Sujet : Compétitivité et mécanisme d'adsorption en phase liquide du  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,

et  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  sur Charbon actif.

Résumé : L'étude cinétique d'adsorption en phase liquide, tant en utilisant des courbes quantités adsorbées - racine carrée du temps de contact entre adsorbate et adsorbant et l'étude de la diffusion de ces molécules à travers le film liquide vers la surface et les sites superficiels du solide, nous a permis de constater l'importance et l'influence de quelques propriétés physico-chimiques et la constitution des molécules sur le phénomène d'adsorption pour un solvant et un solide donnés.

Subject : Competitivity and mechanism of adsorption in liquid phase of  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  and  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  on activated carbon.

Abstract : The kinetic study of the adsorption in liquid phase using the curves adsorbed quantities versus roots of the time of contact between the adsorbate and the adsorbant, and the study of diffusion of the molecules from the liquid film toward the interface and the active sites, showed us the influence of the molecules constitution and some physico-chemical properties on the adsorption phenomena for given solvents and solid.

INTRODUCTION

1

## CHAPITRE I ETUDE THEORIQUE DE L'ADSORPTION

3

I.1 Généralité

I.2 Caractéristiques

I.2.1 Adsorption Chimique

I.2.2 Adsorption Physique

I.3 Adsorption en phase liquide

I.3.1 Généralités

I.3.2 Facteurs influençant l'adsorption en phase  
liquide

I.3.2.1 Facteurs liées au soluté

I.3.2.2 Facteurs liées au solide

I.3.3 Divers applications

## CHAPITRE II LES ADSORBANTS

II.1 Adsorption par les solides

II.1.1 Traits fondamentaux

II.1.2 Caractéristiques des adsorbants

II.2 Charbon actif

II.2.1 Définition

II.2.2 Activation

II.2.3 Etude de la surface spécifique

## CHAPITRE III CINETIQUE D'ADSORPTION

III.1 Diffusion

III.1.1 Définition

III.1.2 La diffusion dans les processus industriels

III.1.3 Principaux modèles de diffusion



3

3

3

4

4

5

5

5

5

6

7

7

7

8

8

8

8

8

9

9

9

9

9

10

10

10

12

12

12

12

12

12

13

	III.1.3.1	Modèle de diffusion à pores	13
	III.1.3.2	Modèle de diffusion homogène	14
III.2	Agitation		14
	III.2.1	Notions générales	14
	III.2.2	Principaux objectifs dans les systèmes " liquides - solide. "	15
	III.2.3	Vitesse d'agitation	15
	III.2.4	Dimension de l'agitateur pour le système " liquide - solide "	15
CHAPITRE IV	LA SPECIFICITE D'ADSORPTION		16
	IV.1	Introduction	16
	IV.2	Vitesse d'adsorption	17
	IV.3	Vitesse d'adsorption selon Zogorski, Faust et Hoas	17
	IV.4	Phases controllant la processus d'adsorption	18
CHAPITRE V	EQUILIBRES D'ADSORPTION		19
	V.1	Isothermes d'adsorption	19
	V.1.1	Isotherme de FREUNDLICH	19
	V.1.2	Isotherme de LANGMUIR	19
	V.1.3	Isotherme de BRUNAUER EMETT et TELLER	20
CHAPITRE VI	L'ADSORPTION ET LA COUCHE SUPERFICIELLE		22
	VI.1	L'énergie superficielle et la notion de tension superficielle	22
	VI.2	Constitution des molécules et caractères particuliers	23
	VI.3	L'adsorption, et la couche superficielle	23
	VI.4	Propriétés superficielles des solutions	24
	VI.5	Interface solide - liquide.	24

CHAPITRE VII PARTIE EXPERIMENTALES



VII.1	Produits utilisés	27
VII.2	Adsorbant utilisé	29
VII.2.1	Caractéristiques	29
VII.2.2	Densité apparente	29
VII.2.3	Densité réelle	30
VII.2.4	Volume poreux total	30
VII.2.5	Surface spécifique	31
VII.2.6	Quantité de trace d'oxydes	31
VII.3	Techniques d'analyse	32
VII	VII.3.1 Analyse par spectrophotomètre U.V	32
	VII.3.1.1 Introduction	32
	VII.3.1.2 Application de la méthode	32
	VII.3.1.3 Principe de l'absorption	32
	VII.3.1.4 Appareil utilisé	
	VII.3.1.5 Lois d'absorption	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <math>\swarrow</math>  <math>\searrow</math> </div> <div>                     Loi de LAMBERT                      Loi de BEER-LAMBERT                 </div> </div>
	VII.3.2 Méthode de l'étrier	35
VII.4	Préparation des solutions	37
VII.5	Isothermes d'adsorption	37
	VII.5.1 Méthode	37
	VII.5.2 Analyse	38
VII.6	Etude cinétique	38
	VII.6.1 Méthode	38
	VII.6.2 Description de l'appareillage utilisé	39
	VII.6.3 Agitateur et vitesse d'agitation choisi	39
VII.7	Exploitation des résultats	61
VII.8	CONCLUSION	64
	Bibliographie.	

L'importance de l'eau dans l'économie ne cesse de croître. L'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile en raison de l'accroissement du taux démographique, du niveau de vie et des techniques industriels modernes.

L'eau a été le premier milieu à avoir subi les effets des rejets industrielles et ménagées. De ce fait, elle fût sans aucun doute la plus touchée par le problème de pollution.

Le problème cruciale qui se pose actuellement est l'épuration de l'eau par des méthodes efficaces et économiques.

L'adsorption des polluant ou produits chimiques toxiques sur un solide adéquant semble être l'un des procédés le plus utilisé dans le domaine de traitement des eaux résiduelles, la désulfuration des gaz industrielles, la régénération des solvants, etc.

Il est des solides qui possèdent des propriétés adsorbantes vis-à-vis d'un très grand nombre de corps, d'autres au contraire présentent des spécificités assez marqués. La question posée est de justifier cette spécificité, d'expliquer pourquoi un solide donné est susceptible, d'adsorber certaines corps plus que d'autres.

De ce fait, notre travail est axé, d'une part :

- A l'élimination de ces produits par adsorption sur charbon actif,
- Etablir un parallélisme entre l'intensité ou vitesse d'adsorption de chaque substance et ses propriétés physico-chimiques.

- Etudier le mécanisme de diffusion des molécules vers la surface et les sites superficiels dits actifs du solide en fonction de la structure des molécules des solutés.

D'autre part, d'expliquer le mécanisme d'adsorption du phénol qui s'est montré l'un des polluants les plus importants, et voir le comportement de la couche adsorbée en vérifiant l'application de l'équation de GIBBS qui permet d'évaluer l'excès superficielle ou degré d'adsorption du corps dissous, de trouver l'aire moléculaire et la disposition à la surface de la interface solide-liquide.

Nous avons choisi le benzène ayant même noyau aromatique que le phénol et le cyclohexanol ayant un même radical que le phénol. Ces molécules sont aussi simple, de petites tailles et plus facile à analyser, de plus ceci nous permet de voir la compétitivité qui existe entre le groupement fonctionnel et le noyau aromatique.



### I.1 GENERALITES

Les molècules, ions ou atomes formant la surface d'un solide sont soumis à des forces dissymétriques qui se traduisent par un champ de force attractif. Ce champ est suffisant pour attirer les molècules de liquide situées au voisinage immédiat de l'interface. Ce sont ces forces qui provoquent la fixation des molècules à la surface, ce phénomène est appelé adsorption (6).

### I .2 CARACTERISTIQUES

Du point de vue chimie physique, l'adsorption est un phénomène de surface. Elle se manifeste lorsqu'on met en contact un fluide et un solide, par différence de composition entre la phase adsorbée au voisinage immédiat du solide et la phase fluide. Il existe deux types d'adsorption :

- Adsorption chimique
- Adsorption physique

#### I.2.1 Adsorption chimique

C'est un type où les liaisons sont de covalence particulièrement importantes en catalyse. Les molècules adsorbées peuvent se trouver soit dissociées en atomes ou groupements d'atomes, soit " activées ". De toute manière le corps adsorbé est apte à des réactions chimiques nouvelles, d'où le nom d'adsorption activée donné encore à ce type d'adsorption.

Ce type d'adsorption n'est pas réversible (3).

## I .2.2 Adsorption physique

L'adsorption physique se caractérise par une réversibilité rapide ; non seulement le fluide est adsorbé par le solide, mais il est désorbé aisément si l'on réduit brusquement la pression régnant sur l'adsorbant. Les forces entre les molécules de gaz ou du liquide et la surface du solide sont faibles et du type VANDER WAALS(3).

Tableau n°1

Adsorption physique et chimisorption (2)

paramètre	adsorption physique	chimisorption
adsorbant	tout solide	quelques solides
adsorbat	tout gaz sous température critique	quelques gaz chimiquement réactif
intervalle de température	base température	généralement haute température
chaleur d'adsorption	base ( $\sim$ DH condensation)	élevée, de l'ordre de la chaleur d'une réaction
vitesse, énergie d'activation	très rapide, basse $E_a$	non activé, basse Energie; activé, haute énergie.
couche formée	multi couche possible	monocouche
réversibilité	réversible	souvent irréversible
importance	pour déterminer la surface spécifique et la taille des pores	pour déterminer la surface des centres actifs et d'expliquer la cinétique des réactions en surface.

### I.3 ADSORPTION EN PHASE LIQUIDE

#### I.3.1 Généralités

L'adsorption des corps dissous a fait l'objet d'un nombre considérables d'études.

Quand on immerge un solide dans une solution, il peut y avoir en principe adsorption de l'un des constituants, et en particulier du solvant (3).

La quantité de chaque composé adsorbé dépend de sa nature chimique de sa concentration et de la température. Les nombreux facteurs influençant l'adsorption en phase liquide rendent l'étude de tels phénomènes beaucoup plus difficile à interpréter..

#### I.3.2 Facteurs influençant l'adsorption en phase liquide

##### I.3.2.1 Facteurs liés au soluté :

###### . Concentration :

L'adsorption est d'autant plus intense, pour une augmentation de concentration.

Lorsque la concentration du soluté adsorbable augmente, la capacité d'adsorption augmente.

###### . Structure moléculaire :

Si une moléculaire a beaucoup d'affinité pour l'eau c'est à-dire si elle est assez soluble dans l'eau, elle aura peu de tendance à s'adsorber. La solubilité dans l'eau et la tendance à l'adsorption résulte d'un compromis entre l'affinité pour l'eau du groupe polaire (-OH) et l'affinité pour l'eau du groupe apolaire (chaîne carbonée). En général la solubilité d'un corps diminue lorsque la masse moléculaire augmente. (3)

. Chaîne carbonée des molécules :

Les chaînes carbonées ramifiées sont généralement mieux adsorbées que les chaînes carbonées linéaires, la solubilité diminue lorsque la longueur de la chaîne augmente. (5)

. Taille des molécules :

Il convient dans une expérience d'adsorption de ne pas choisir des molécules qui soient susceptibles de réagir avec le solide (de se chimisorber) ou du moins de ne se fixer que sur certains " sites " superficiels dits actifs. (6)

La vitesse d'adsorption est d'autant plus grande que la taille des molécules adsorbables est petite. Les molécules de grande taille, provoquent un encombrement stérique, ce qui les empêche de pénétrer facilement dans les pores de l'adsorbant.

. Nature des groupements fonctionnels :

D'une façon générale, les formes ioniques sont plus difficilement adsorbées. Les molécules non dissociées seront donc mieux adsorbées (5).

Fonction	Son effet
-Hydroxyle	réduit généralement l'adsorption, diminution liée à la structure de la molécule de base.
-Carboxyle	dépend de la nature de la molécule adsorbée. Cet effet n'a pas été observé pour les solides à chaîne carbonée plus longues.
-Doubles liaisons	variable

### 1.3.2.2 Facteurs liées au solide :

#### . Surface spécifique :

Tout gaz ou liquide peut être adsorbée par une surface solide et le phénomène se traduit par une diminution de pression ou concentration mesurable. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la surface du solide est plus grande et il a été observé depuis longtemps sur des solides finement divisés ou poreux, qui présentent précisément une très grande surface relative de contact. (2) Elle constitue l'une des caractéristiques principales des adsorbants ; les charbons actifs qui présentent une surface spécifique élevée sont caractérisés par une forte capacité d'adsorption.

#### . Granulométrie :

La granulométrie influe sur la cinétique d'absorption ; ainsi l'équilibre est moins rapidement atteint avec le charbon actif en poudre et il présente une cinétique d'adsorption plus rapide que le charbon granulé, pour une même concentration en soluté.

#### . Porosité :

Le volume des pores est estimé par la quantité d'adsorbant exprimée en volume du liquide qui se trouve fixée par l'adsorbant dans la région des pressions élevées de l'isotherme.

En supposant que les pores de l'adsorbant soient cylindriques de diamètre  $d_p$  et de profondeur  $h$ , on peut calculer ce diamètre, connaissant l'air de l'adsorbant  $S$  et son volume de pore  $V_p$ .

$$d_p = \frac{V_p \text{ (cm}^3\text{/g)} \times 4.10^4}{S \text{ (cm}^2\text{/g)}}$$

Diverses applications de l'adsorption en phase liquide.

Les applications de l'adsorption en phase liquide mettent en oeuvre le traitement des liquides par des adsorbants solides. On peut citer entre autres ;

- . Epuration des eaux ;
- . Epuration des bains d'électrolyse,
- . Décoloration des huiles, graisses et cires minérale, végétales et ou animale,
- . Décoloration des produits chimiques, pharmaceutiques ou alimentaires divers,
- . Récupération des solvants en solution aqueuse,
- . Dessiccation des solvants,
- . Fractionnement des liquides par chromatographie,
- . Dessiccation des solvants,
- . Adsorption préférentielle de certains constituants,
- . Adsorption selective des ions.

II.1 ADSORPTION PAR LES SOLIDES

L'adsorption par un solide peut être définie comme étant le phénomène d'enlèvement des molécules d'une phase gazeuse ou liquide par la surface, du solide dans ce cas le terme surface, doit s'étendre à la totalité de la surface externe géométrique et la surface interne engendré par les fissures, crevasses. (5)

Le phénomène d'enlèvement s'explique par le fait qu'en surface les atomes du solide ne sont pas dans un champ de force homogène analogues à celui existant à l'intérieur, du solide et qu'il reste en surface des forces résiduelles responsables de l'interaction physique ou chimique avec les atomes du soluté.

II.1.1 Traits fondamentaux

Les variations de concentrations des corps, dissous dans la zone superficielle constituent le phénomène d'adsorption quantitativement grâce au théorème de GIBBS.

Ce phénomène est d'autant plus marqué que le solide est finement divisé ou poreux et qui présente une très grande surface relative de contact.(3)

II.1.2 Caractéristiques des adsorbants :

Les adsorbants sont des solides poreux se présentant sous plusieurs formes. Ils sont représentés par les charbons actifs, la bentonite et les oxydes métalliques. La nature, la structure des pores déterminent le processus d'adsorption.(7)

Un solide adsorbant est caractérisé par ses propriétés physico-chimiques, mécaniques et géométriques.

Pour un adsorbant, les caractéristiques exigent la

connaissance des quatres entités :

- . La surface spécifique :

Mesure la capacité de sorption de l'adsorbant.

- . La distribution de taille des pores :

Joue un rôle important dans la cinétique globale du processus de sorption, car elle détermine la facilité d'accès aux sites internes d'adsorption, car elle détermine la facilité d'accès aux sites internes d'adsorption ; cet accès se fait par un mécanisme lent de diffusion.

- . Facteur de forme ou de rugosité :

En rapport avec les propriétés mécaniques du solide, il détermine les facteurs technologiques tels que la perte de charge lors de l'écoulement du gaz à travers l'adsorbant.

- . *Taille des grains ou particules:*

## II.2 CHARBON ACTIF

### II.2.1 Définition

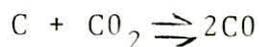
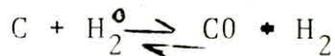
C'est une substance amorphe carbonée préparée et activée de façon à lui donner un haut degré de porosité.

Les charbons actif présentent la particularité par rapport aux autres adsorbants conramment utilisés dans l'industrie, *gel* de silice, alumine activée, tamis moléculaire etc; de mal adsorber l'eau dans certaines conditions.

### II.2.2 Activation

L'activation d'un solide consiste à l'élimination, par un traitement chimique ou thermique, de substances bloquant une partie des pores, créant ainsi de nouveaux pores, ce qui augmente la surface de l'adsorbant.

Le cas le plus générale utilise l'action de la vapeur d'eau à température élevée sur le charbon actif.(9)



Le traitement avant et après activation, permettront d'obtenir les produits sous toutes les formes convenables : bâtonnets cylindriques, grains, etc.

### II.2.3 Etude de la surface spécifique

Les charbons actifs renferment des impuretés organiques qui, suivant les circonstances, peuvent passer en solutions à l'état d'ions, le charbon dit actif se comporte alors comme un adsorbant hétéropolaire.

On peut remarquer que lorsqu'une surface carbonée est riche d'oxydes en surface, elle acquiert un caractère hydrophile très marqué. On peut ainsi obtenir des noirs de carbone qui se dispersent spontanément dans l'eau en donnant des suspensions extrêmement stables. Une partie au moins des oxydes de surface doit donc comporter des groupes carboxyles et hydroxy-les.

Les résultats de Boehm (9) l'ont amené à proposer les deux modèles de structures superficielles décrites par la figure - 1

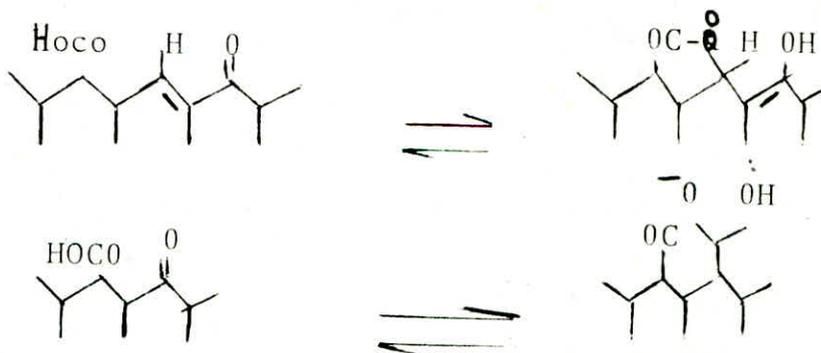


Fig. 1

L'étude des chaleurs d'adsorptions d'un très grand nombre de gaz et de liquide sur des surfaces de carbone a permis en particulier à BEEBE et SMITH et à KISELEV (9) de distinguer la part de l'adsorption non spécifique, due aux atomes de carbone, et de la part de l'adsorption spécifique due aux sites actifs et principalement aux fonctions chimiques superficielles.

Pour expliquer ses résultats, KISELEV postule l'existence à la surface des noirs de carbone oxydés des fonctions hydroxyles, fonctions carboxyles et carbonyles qui nonique.

III.1 DIFFUSIONIII.1.1 Définition

Dans les systèmes non unitaires, la diffusion vient s'ajouter à l'écoulement et au transfert de chaleur, elle intervient dans leurs corrélations réciproques. Elle joue un rôle important dans le séchage, la rectification, l'adsorption, l'absorption, l'extraction etc, mais surtout dans beaucoup de réaction hétérogènes.(1)

III.1.2 La diffusion dans les processus industriels

La diffusion est un phénomène thermodynamique de compensation qui a lieu sans fourniture de travail et de façon isotherme.(1)

Elle est décrite par deux lois principales qui dans le cas où la concentration  $C$  ne dépend que d'une coordonnée locale  $x$ , ont l'aspect suivant :

. Première loi de fick  $m = D \frac{\partial c}{\partial x}$

où  $m$  = densité du courant de matière [ $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ]

$c$  = concentration (pour le gaz également tension partielle)

$D$  = coefficient de diffusion

. Deuxième loi de fick (n'est valable que lorsque  $D$  est indépendant de la concentration)

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

$t$  : temps

### III. 1.3 Principaux modèles de diffusion

- . Pour décrire les vitesses globales d'adsorption, plusieurs hypothèses ont été faites ;
- . La diffusion dans les pores a été négligée, en comparaison avec la diffusion superficielle dans les pores ;
- . L'accumulation du soluté dans le liquide remplissant les pores a été négligée ;
- . La résistance externe au transfert de matière a été négligée ;
- . La distribution de la concentration du soluté dans l'adsorbant a été supposée uniforme, en considérant ainsi, une concentration moyenne du soluté dans l'adsorbant ;

Deux modèles ont été souvent utilisés avec une égale fréquence pour décrire l'étape diffusionnelle.

#### III.1.3.1 Modèle de diffusion à pores :

Le modèle de diffusion à pores considère l'adsorption comme une matrice poreuse dans les pores de laquelle s'opère la diffusion. Plusieurs étapes sont observées (14)

Soit une solution A de concentration  $C_S$  dans le volume de la solution.

. Etape 1 :

Le soluté est transporté à partir du volume de la solution par un transport convectif jusqu'à l'entrée du pore où la concentration est  $C_{SS}$ . L'équation de transfert de masse sera

$$\psi_A = k (C_S - C_{SS})$$

où  $k$  = coefficient de transfert de masse par convection

$\psi_A$  = flux massique du soluté sur la surface totale externe de la particule.

. Etape 2 :

Diffusion moléculaire dans le liquide contenue dans le volume du pore.

. Etape 3 :

Le soluté est adsorbé sur la surface du pore. La vitesse d'adsorption est très rapide et réversible.

. Etape 4 :

Diffusion superficielle du film formé par le soluté adsorbé sur la surface du pore.

#### III.1.5.2 Modèle de diffusion homogène

Dans ce modèle la particule du charbon actif est assimilée à une sphère constituée d'une seule phase quasi-homogène de rayon  $r$  et caractérisé par un coefficient de diffusion effectif  $D_e$  ne dépendant pas du taux de saturation de la particule. (15)

### III.2 AGITATION

#### III.2.1 Notions Générales

L'agitation est une opération connue en génie chimique et aux industries diverses. Elle dépend totalement du mécanisme du mouvement du fluide, causant des cisaillements ou des forces d'inertie dans le fluide combiné à la diffusion. (12)

D'autre part, et vu à l'échelle microscopique, l'agitation ou mélangeage est le résultat de la diffusion moléculaire ou le déplacement répété des petites particules adjacentes aux autres particules.

#### III.2.2 Principaux objectifs dans les systèmes liquide-solide

Ils sont classés en deux catégories (12)

- La suspension uniforme des particules solides dans le liquide

- La réduction de la résistance diffusionnelle autour des particules solides, dans les phénomènes d'adsorption.

### III.2.3 Vitesse d'agitation

Il est très important de déterminer la vitesse critique d'agitation qui permet la fluidisation des particules solides, dans le liquide, cette vitesse varie avec la dimension et le modèle d'agitation utilisé.

### III.2.4 Dimension de l'agitateur pour le système "liquide-solide"

Dans le mélangeur, le dépôt des particules est observé au fond de celui-ci. Si le diamètre de l'agitateur est petit, les particules solides restent en suspension près des parois sans se déposer au centre du mélangeur.

Pour un agitateur de diamètre trop grand, les particules ont tendance à se regrouper au centre et au fond du mélangeur, pour cela, il est nécessaire de déterminer le diamètre optimum de l'agitateur qui puisse assurer la fluidisation des particules au centre comme sur les parois.

IV.1 INTRODUCTION

L'adsorption dépend essentiellement de la nature du solide et de la nature du soluté. Il y a des solides qui possèdent des propriétés adsorbantes vis-à-vis d'un très grand nombre de corps, d'autres au contraire qui présentent des spécificités assez marquées.

Cette spécificité considérable de l'adsorption joue un rôle fondamental dans la spécificité des catalyseurs ~~phét~~ hétérogènes. TRAUBE (6) a reconnu que dans des séries de composés organiques homologues le solvant restant le même, l'adsorption augmente, en générale, avec le poids moléculaire, tout comme dans le cas de l'adsorption à l'interface des liquides.

IV.2 VITESSE D'ADSORPTION

La vitesse d'adsorption est régie par :

- La diffusion des molécules vers la surface de l'adsorbant à travers le film liquide ;
- La diffusion des molécules au sein des micropores de l'adsorbant et l'adsorption sur les sites internes.

Dans la plupart des cas, la vitesse d'adsorption globale est contrôlée par le premier mécanisme.

La vitesse d'adsorption est d'autant plus grande que :

- La concentration du soluté adsorbable est élevée,
- La granulométrie du charbon actif est faible,
- La surface spécifique du charbon est élevée,
- La taille des molécules adsorbables est petite. (5)

IV.3 VITESSE D'ADSORPTION SELON ZOGORSKI, FAUST et HOAS

Plusieur chercheurs ont obtenu une bonne linéarisation à partir de données de l'adsorption sur des adsorbants poreuse en reproduisant sur un graphe la quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant (qt) en fonction de la racine carrée du temps ( $t^{1/2}$ ) et la pente sera exprimée en milliomoles de soluté adsorbé par gramme d'adsorbant par la racine carrée de la seconde (m mol/g.s<sup>1/2</sup>) ou gramme de soluté adsorbé par gramme d'adsorbant par la racine carrée de seconde (g/g.s<sup>1/2</sup>).

Cependant ces unités ne sont pas celles habituellement utilisés pour la constante de vitesse de réaction chimique type.

Une meilleure approche s'obtient en considérant la quantité adsorbée cumulée en fonction de la racine carrée du temps, et la pente de la courbe ainsi obtenue représente alors la vitesse d'adsorption. (21)

IV.4 PHASES, CONTROLLANT LE PROCESSUS D'ADSORPTION

Dans l'adsorption en phase liquide, trois phases de vitesse contrôlent le processus d'adsorption, sont à prendre en considération. (16)

a) La résistance au transfert de matière dans le film entourant chaque particule de l'adsorbant.

En effet, au temps t=0, la résistance au transfert de matière est restreinte sur le film externe entourant chaque particule.

L'équation de transfert de masse dans la particule est :

$$\dot{N}(t) = A \cdot S_s \cdot K_s (q^* - qt)$$

où  $S_s$  = masse volumique du solide (g/cm<sup>3</sup>)

$K_s$  = coefficient de transfert de masse en phase solide [cm/s].

$q^*$  = la quantité du soluté adsorbée à l'interface liquide-solide en phase solide [mg/g] .

$q_t$  = quantité du soluté adsorbée à l'instant  $t$  en mg/g

$q_t$  est obtenue à partir du bilan de masse :

$$C_0 \cdot V = C_t \cdot V + q_t \cdot m$$

d'où 
$$q_t = \frac{V}{m} (C_0 - C_t)$$

$C_0$  = concentration initiale de la solution en mg/l ou mmol/l

$C_t$  = la concentration du soluté en solution à l'instant  $t$ .

$V$  = le volume de la solution en litre.

$m$  = masse du solide en gramme.

b) le mécanisme diffusionnel avec lequel l'adsorbant pénètre dans les surfaces internes des particules.

c) La réaction d'adsorption elle-même, en effet, l'adsorption physique est très rapide, ainsi cette troisième phase est toujours négligée et un équilibre est supposé établi entre la concentration de l'adsorbat en régime liquide et la concentration de l'adsorbat en phase solide. (17)

La pente en un point correspondant à  $C_t$  nous donne  $\frac{dq_t}{dt}$  qui est

proportionnelle à la vitesse d'adsorption  $\dot{N}(t)$ , ainsi le bilan différentiel nous donne :

$$\frac{d}{dt} [V(C_0 - C_t)] = \frac{d}{dt} [m \cdot q_t]$$

$$-V \frac{dC_t}{dt} = m \frac{dq_t}{dt} = \dot{N}(t)$$

Le mécanisme diffusionnel avec lequel l'adsorbat pénètre dans les surfaces internes des particules

La réaction d'adsorption elle-même, en effet, l'adsorption physique est très rapide, ainsi cette troisième phase est toujours négligée et un équilibre est supposé établi entre la concentration de l'adsorbat en régime liquide et la concentration de l'adsorbat en

### V.1 ISOTHERMES D'ADSORPTION

La question qui se pose est de connaître les relations entre les quantités de corps adsorbés et la concentration des solutés dans le cas où un équilibre final peut être atteint, et nous retrouvons en particulier les équations de FREUNDLICH et de LANGMUIR.

#### V.1.1 Isotherme de FREUNDLICH

Soit C la concentration d'équilibre du corps dissous, q la quantité de soluté fixée par l'unité de masse du solide ajouté. La relation de FREUNDLICH s'exprime par :

$$q = K.(C)^{1/n}$$

K et n étant deux constants dépendant de la nature du soluté et du charbon actif utilisé.

Les valeurs de K et n élevées traduisent une forte adsorption des solutés dans l'intervalle de concentration étudiée.

#### V.1.2 Isotherme de LANGMUIR

La formule de LANGMUIR permet d'interpréter aussi de nombreux faits expérimentaux :

$$q = \frac{A \cdot C}{1 + B \cdot C}$$

Elle rend mieux compte de ce que souvent l'adsorption paraît tendre vers une limite quand la concentration de soluté va en croissant.

#### V.1.3 Isotherme de BRUNAUER, EMMETT et TELLER

D'après l'isotherme de LANGMUIR on est conduit à penser que l'adsorption se ferait sur couche monomoléculaire et s'arrêterait quant toute la surface du solide serait pratiquement recouverte. Toute fois la possibilité d'existence de couches

polymoléculaires à la surface de solides n'est pas douteuse.

Ce type d'isotherme en S est rencontré dans le cas d'adsorption en multicouches. L'équation est exprimé par :

$$\frac{C^o}{\bar{q}^o (C_r - C)} = \frac{1}{\bar{q}_m a} + \frac{(a - 1)C^o}{\bar{q}_m a \cdot C_r}$$

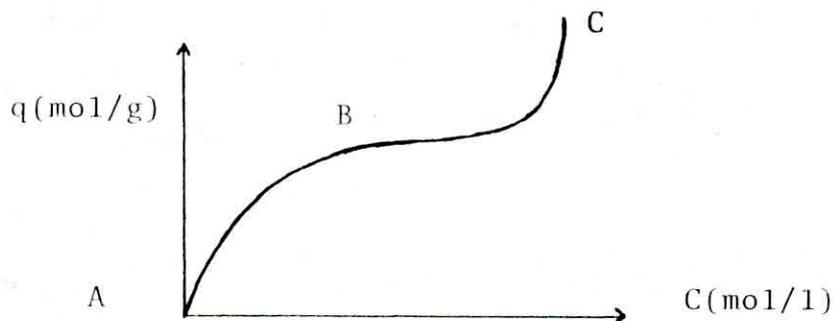
Avec  $C^o$  = la concentration du soluté en solution (m mol/l)

$\bar{q}^o$  = la concentration moyenne du soluté dans l'adsorbant à l'équilibre (m mol/g)

$C_r$  = la concentration résiduelle en solution jusqu'à la saturation complète de l'adsorbant

$a$  = constante de l'équation de B.E.T

$\bar{q}_m$  = la concentration du soluté dans l'adsorbant pour couvrir ce dernier d'une couche monomoléculaire.



AB = couche monomoléculaire

BC = couche polymoléculaire

Le point "B", représente l'achèvement d'une couche monomoléculaire.

C'est la forme la plus commode, car si l'on porte les valeurs de  $\frac{C^o}{\bar{q}^o (C_r - C)}$  en fonction de  $\frac{C^o}{C_r}$ , on doit obtenir une droite dont

l'ordonnée à l'origine a pour valeur  $\frac{1}{\bar{q}_m \cdot a}$  et de pente  $\frac{(a - 1)}{\bar{q}_m \cdot a \cdot C_r}$ .

De ces deux valeur ou déduit aussitôt les valeurs de  $\bar{q}_m$  et de  $a$ .

Avec  $\bar{q}_m$  : La quantité de soluté qui serait adsorbé si toute la surface du solide était recouverte d'une couche monomoléculaire.

La surface spécifique du solide est **calculée** à partir de l'équation :

$$a_s = \bar{q}_m \cdot N \cdot \sigma$$

**N** = nombre d'avogadro =  $6,023 \cdot 10^{23}$  molécules/moles

**$\sigma$**  = l'aire moléculaire du soluté adsorbé.

ou doit retrouver les mêmes valeurs pour l'air totale du solide, quelle que soit la nature du soluté avec lequel on a expérimenté. ©

### VI.1 L'ENERGIE SUPERFICIELLE ET LA NOTION DE TENSION SUPERFICIELLE

D'une façon générale l'accroissement de la surface d'un liquide s'accompagne d'un abaissement de la température, c'est-à-dire que pour maintenir sa température constante il faut lui fournir en même temps de la chaleur. Ainsi, par exemple, chaque fois qu'à la suite d'une déformation la surface de l'eau à 18°C s'accroît de  $1\text{cm}^2$ , il faut fournir au système d'une part un travail mécanique de 73ergs et d'autre part, pour maintenir sa température à 18°C,  $1,06 \cdot 10^{-6}$  cal/g; soit l'équivalent de 44,33 ergs.

Le total d'énergie fournie est 117,33 ergs accroit d'autant l'énergie interne du système liquide. Il s'agit de l'énergie superficielle totale par  $\text{cm}^2$  de surface à 18°C. Mais d'habitude, les mesures étant faites à température constante, on n'envisage que le travail mécanique dépensé pour accroître la surface d'un liquide.(22)

### VI.2 CONSTITUTION DES MOLECULES ET CARACTERES PARTICULIERS

Il existe une catégorie de substances organiques dont les molécules renferment une partie hydrocarbonée (aliphatique ou aromatique) et un ou plusieurs groupement fonctionnels acide (dit "groupes polaires").

La juxtaposition dans une même molécule de deux régions distinctes par leur affinité et leur solubilité, l'une liposoluble, l'autre hydrosoluble, confèrent à ces molécules des propriétés très caractéristiques.(23)

On peut dire d'une façon générale que du fait de leur polarité (dans le sens de posséder des extrémités de nature différentes), ces molécules s'orientent par rapport aux autres molécules ou aux objets avec lesquels elles interagissent.

En particulier, et c'est là une propriété très importante, les

corps à molécules lipophiles et hydrophiles ont la faculté de s'adsorber soit à la surface, de leurs solutions aqueuses, soit à l'interface entre ces solutions aqueuses. Ils peuvent également s'adsorber à partir de leurs solutions sur la surface des solides immergés dans ces conditions. De ce point de vue, ce sont des substances à activité superficielle ou agents de surface.

### VI.3 L'ADSORPTION ET LA COUCHE SUPERFICIELLE

L'adsorption de ces corps se fait le plus souvent sous la forme d'une couche monomoléculaire orientée soit sur la surface libre de la solution aqueuse, soit à l'interface entre la phase aqueuse et la phase solide. Or, la présence de cette couche, du fait de la pression superficielle qu'elle exerce, entraîne un abaissement de la tension superficielle.

Tous les corps organiques qui peuvent se dissoudre dans l'eau entraînent un abaissement de sa tension superficielle.

En utilisant la méthode tensiométrique, l'accent est mis à juste titre sur l'étude du comportement de la couche adsorbée d'une couche de molécule, plutôt que sur l'effet secondaire qui est l'abaissement de la tension superficielle. (22)

### VI.4 PROPRIÉTÉS SUPERFICIELLES DES SOLUTIONS

La concentration d'un constituant d'une solution à la frontière d'une phase s'appelle l'adsorption. Qualitativement, si la tension superficielle d'une solution est moindre que celle du solvant pur, les corps dissous sont adsorbés positivement à la surface. (23)

La relation mathématique entre l'adsorption et l'abaissement de la tension superficielle a été établie par GIBBS suivant la méthode thermodynamique.

L'équation d'adsorption de GIBBS donnant la variation de la tension superficielle due à l'adsorption à température constante, dans un système de solution binaires dilués, où le coefficient d'activité du corps dissous étant égal à la concentration, nous avons l'équa-

tion :

$$\Gamma_2 = - \frac{C_2}{Rt} \frac{d\gamma}{dC_2}$$

Ceci veut dire que l'excès superficiel du corps dissous est proportionnel à sa concentration et au taux de variation de la tension superficielle par rapport à la concentration.

La vérification de l'équation de GIBBS implique la détermination exacte de l'excès superficiel au degré d'adsorption du corps dissous. (23)

#### VI.5 INTERFACE SOLIDE-LIQUIDE

La surface d'un solide comme celle d'un liquide possède de l'énergie libre provenant des forces attractives non équilibrées agissant sur les molécules de la couche superficielle. Sur une surface solide, les molécules demeurent dans des positions invariables et les propriétés de la surface exemptes de souillure ne tardent pas à être modifiées par la poussière, par les corps adsorbés de la couche superficielle.

Lorsqu'un liquide est mis en contact avec la surface d'un solide, les molécules des deux phases s'attirent d'ordinaire à travers l'interface et en conséquence, la tension interfaciale est inférieure à la somme des tensions superficielles des deux phases. A l'échelle moléculaire, les échanges à travers l'interface solide-liquide sont négligeables.

L'équation de DUPRE est applicable et s'écrit :

$$W_{SL} = \gamma_{SA} + \gamma_{LA} - \gamma_{SL}$$

où  $W_{SL}$  est le travail d'adhésion entre le solide et le liquide et  $\gamma_{LA}$  la tension superficielle du liquide. Ni la tension superficielle du solide  $\gamma_{SA}$ , ni la tension interfaciale solide-liquide  $\gamma_{SL}$ , ne sont directement mesurables par des procédés simples. (22)  
Le travail d'adhésion est moindre pour une surface sèche que

pour une surface préalablement mouillé et cette constatation suggère la possibilité durant le premier contact entre le solide et le liquide, d'une adsorption minime du liquide qui changerait la nature de la surface solide.

*PARTIE EXPERIMENTALE*

## PARTIE EXPERIMENTALE

Symboles utilisés :

$m$  : masse du charbon (g)

$t$  : temps (secondes)

$v$  : volume de la solution dans le mélangeur (litre)

$C_0$  : concentration initiale ( $a_{t=0}$ ) de l'adsorbat en phase liquide (m mol/l).

$q^*$  : concentration de l'adsorbat en phase solide à l'équilibre (m mol/g)

$C_t$  : concentration de l'adsorbant à un instant  $t$  (m mol/l).

$q_t$  : concentration de l'adsorbat en phase solide à l'instant  $t$  (m mol/g).

$d_p$  : diamètre des particules en (cm).

$a_s$  : surface spécifique en (cm<sup>2</sup>/g).

$\rho_{app}$  : densité apparente du solide (g/cm<sup>3</sup>).

$\rho_s$  : densité réelle du solide (g/cm<sup>3</sup>).

$V_{pt}$  : volume poreux total (cm<sup>3</sup>/g)

$N_f$  : vitesse d'agitation mécanique.

## VII. 1 PRODUITS UTILISES

### - Phénol

Le phénol susceptible de se rencontrer dans les eaux est généralement d'origine industrielle, ce produit qui s'oxyde difficilement s'adsorbe peu et filtre facilement.

Il a un caractère polaire beaucoup plus accusé que celui des alcools saturés correspondants.

Une plus grande solubilité dans l'eau est une aptitude accrue à dissoudre les molécules organiques assez polaires. Ils ont une énergie de stabilisation de 40 Kcal/mole dont 38 Kcal peuvent être attribués au noyau benzénique, l'excès de 2 Kcal semble dû à une délocalisation de l'un des doubleu libres de l'oxygène sur le noyau aromatique. (18)

### - Benzène

Le plus simple des hydrocarbures aromatiques. En 1845 Hofmann l'isola du goudron de la houille. Aucun autre composé n'éveilla un tel intérêt des chercheurs que ce corps de simple composition.

Utiliser comme solvant pour éliminer au fur et à mesure l'eau qui résulte de l'estérification, pour avoir une estérification complète. C'est un exemple d'un corps dans lequel les électrons sont délocalisés, le noyau aromatique ne possède ni simple ni doubles liaisons toutes ses liaisons sont identiques.

L'industrie utilise largement le benzène comme solvant et comme matière de base pour les synthèses organiques. (18)

### - Cyclohexanol

C'est un alcool secondaire dont la solubilité dans l'eau diminue à mesure que le poids moléculaires augmente, car

la partie hydrocarbonée de la molécule devient de plus en plus importante par rapport au groupement fonctionnel. Les alcools sont capables de jouer soit un rôle acide (donneur de protons) soit un rôle basique (accepteur de protons) : ils sont amphotères. (18)

#### LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUE

Formule	M	F(x)	Eb(°C) 760mm Hg	KA H2O, 25°C	$\lambda_{max}$ n m	$\epsilon$	$d_4^{20}$	E stabil	Solubilité
ol  -OH	94,11	43	182	$1,0 \cdot 10^{-10}$	272	145	1,0722	40	9,2g/100
ène 	78,11	5,5	80,1	-	256	200	0,8800	38	0,07g/100
ol  -OH	100,16	25,5	161	$\sim 10^{-18}$	285		0,9600		3,6g/100

Le solvant utilisé est l'eau, incolore, son adsorption est la plus petite possible (spectre test), sa plus petite longueur d'onde encore utilisable si l'épaisseur de la cuvette est de 1cm, est de 191nm.

Au cours des expériences nous avons respectés la solubilité de chaque composé.

## VII.2 ADSORBANT UTILISE

### VII.2.1 Caractéristiques :

C'est un charbon granulé du type Allemand, activée avant son utilisation de la manière suivante :

- . Porter le charbon à ébullition pendant une heure,
- . Le mettre à l'étude à une température de 100 C, jusqu'à ce que sa masse ne varie plus,
- . Le mettre dans le dessiccateur.

### VII.2.2 Densité apparente :

Du charbon ainsi activé, prendre un échantillon préalablement tamisé afin d'obtenir des grains ayant approximativement même granulométrie.

Dans une éprouvette préalablement lavée et séchée, mettons une quantité de charbon actif correspondant à un volume. Secouer l'ensemble afin d'obtenir un bon tassement des grains.

Noter le poids de l'éprouvette =  $M_1$

Noter le poids total (éprouvette + échantillon) =  $M_2$

Noter le volume occupé par l'échantillon =  $V_0$

Avoir le poids du charbon =  $M_2 - M_1$

d'où l'on déduit la densité apparente

$$\rho_{app} = \frac{\text{poids de l'échantillon}}{\text{Volume qu'il occupe}} = \frac{M_2 - M_1}{V_0}$$

### VII.2.3 Densité structurale ou réelle :

Elle est déterminé à l'aide d'un picnomètre et du méthanol, ce dernier a les propriétés de ne pas mouiller le charbon.

Les étapes suivies sont :

- . Peser le picnomètre vide =  $m_1$

. Remplir le picnomètre avec de l'eau distillé, noter la masse  $=m_2$

Avoir le volume du picnomètre  $=V_0$

- . Mettre une quantité de charbon dans le picnomètre, peser  $=m_3$
- . Avoir la quantité de charbon à utiliser  $=m_4 = m_3 - m_1$
- . Peser l'ensemble (la même quantité  $m_4$  + picnomètre + méthanol  $= m_5$
- . Avoir la masse du méthanol ajouté  $= m_6 = m_5 - m_3$
- . Déduire le volume du méthanol ajouté, connaissant sa densité

$$\rho_{\text{méthanol}} = 0,7800 \text{g/cm}^3$$

$$V_1 = \frac{m_6}{\rho}$$

- . Avoir le volume occupé par le charbon  $= V_2 = V_0 - V_1$
- d'où l'on déduit la densité réelle  $\rho_s$  de notre charbon

$$\rho_s = \frac{m_4}{V_2} = \frac{m_4}{V_0 - V_1}$$

#### VII.2.4 Le volume poreux total

Il est donné par  $V_{pt} = \frac{1}{\rho_{app}} - \frac{1}{\rho_s}$

expérimentalement nous l'avons déterminé de la façon suivante :

- . Dans un verre de montre pesé  $= M_1$
- . Mettre une quantité de charbon peser  $= M_2$
- . Avoir la masse du charbon utilisé  $= M_2 - M_1 = M_3$
- . Ajouter une quantité d'eau qui mouille le charbon
- . Séché à l'aide d'un séchoir jusqu'à disparition de toutes traces d'eau, et peser  $= M_4$

Déduire le volume poreux total superficielle :

$$V_{pt} = \frac{\text{l'augmentation de poids}}{\text{densité du liquide}} = \frac{M_4 - M_2}{\rho_{\text{eau}}}$$

### VII.2.5 La surface spécifique

Donner par un (B.E.T , N<sub>2</sub>) as = **859 cm<sup>2</sup>/g**.

Résultats : après détermination de la quantité de trace

$$\rho_{app} = 0,6845 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_s = 1,2156 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{pt} = 0,6383 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$\text{masse de résidus} = 0,1254 \text{ g/g}$$

### VII.2.6 Détermination de la quantité de trace d'oxydes de métaux

#### Méthode :

Dans une capsule en porcelaine préalablement lavée et séchée et taré, introduisons un gramme du charbon actif. Celle-ci est placée dans un four réglé à une température de 1000 °C. Nous laissons le charbon brûler pendant cinq heures. Une fois ce temps écoulé, nous enlevons la capsule et elle est pesée après refroidissement. La différence entre le poids initial et final donne la quantité de traces d'oxydes.

Une analyse au microscope électronique à diffraction nous a montré l'existence d'oxydes de métaux mais en faible quantité.

## VII. 3 TECHNIQUES D'ANALYSES.

### VII.3.1 Analyse par Spectrophotomètre

#### VII.3.1.1 INTRODUCTION

Les hydrocarbures insaturés absorbent généralement l'ultra-violet, les aromatiques et hétérocycliques ayant l'absorptivité *la plus forte, les molécules qui contiennent des systèmes chromophores non saturés peuvent absorber la lumière visible ou ultraviolet.*

#### VII.3.1.2 APPLICATION DE LA METHODE

Le domaine d'application se réduit à :

- . Détermination des concentration
- . Identification d'un chromophore à l'aide de spectres de comparaison.
- . Détermination du coefficient molaire d'extinction.

#### VII.3.1.3 PRINCIPE DE L'ABSORPTION (20)

Dans les divers régions du spectre (visible, ultra-violet, infra-rouge), les substances chimiques à l'état liquide ou en solution, absorbent à une longueur d'onde donnée une certaine quantité de lumière. Cette quantité de lumière absorbée est liée à la concentration de la solution.

#### VII.3.1.4 APPAREIL UTILISE fig.1

C'est un spectrophotomètre de type BECKMAN, Modèle 35 à double faisceaux il est construit de la manière suivant :

- . Une source de lumière avec un spectre continu.
- . Monochromateur (filtre, prisme ou réseau) permettant d'obtenir de la lumière monochromatique et sélecteur de la longueur d'onde.
- . Fixation par deux cuvettes de même épaisseur.
  - une cuvette comme référence pour le solvant pur
  - une cuvette pour l'échantillon

- . Détecteur assurant la transformation du signoptique en signal électrique.
- . Amplificateur électronique (amplifie le signal).
- . Affichage.

#### VII.3.1.5 LOI DE LAMBERT

La densité optique d'un solution est proportionnelle à l'épaisseur du liquide traversé.

$$D = K.L$$

la loi de lambert est toujours vérifiée.

Loi de BEER :

La densité optique d'un solution est proportionnelle à la concentration du soluté dans la solution.

$$D = K'.C$$

La loi de BEER est souvent vérifiée.

La loi de BEER-LAMBERT

Soit un faisceau de lumière incidente monochromatique ( $\lambda$ ) d'intensité ( $I_0$ ) qui traverse une cuve contenant une solution, absorbant la lumière à la longueur d'onde  $\lambda$ ; à la sortie de la cuve, l'intensité du faisceau lumineux mesuré à l'aide d'une cellule photoélectrique est  $I$  ( $I < I_0$ ), on définit pour la longueur d'onde  $\lambda$ , la transmission et la densité optique :

$$T = \frac{I}{I_0}$$

$$D = \log \frac{I_0}{I} = - \log T = \text{densité optique}$$

on peut associé les deux lois

$$D = \log \frac{I_0}{I} = - \log T = \xi . l . C$$

$l$  : épaisseur traversée (en cm), le plus souvent 1cm

$C$  : concentration (en moles/l)

$\xi$  : Coefficient d'extinction molaire (si  $C$  en moles/l)

caractéristiques pour une soluté donnée dans un solvant donné.

Lors de la détermination de concentration; il est indispensable d'utiliser des solutions d'étalonnage.

Examinons sous une même épaisseur deux solutions, à des concentrations différents  $C_1$  et  $C_2$ , d'une même soluté, dans un solvant identique.

$$D_1 = \epsilon \cdot l \cdot C_1$$

$$D_2 = \epsilon \cdot l \cdot C_2$$

Il vient

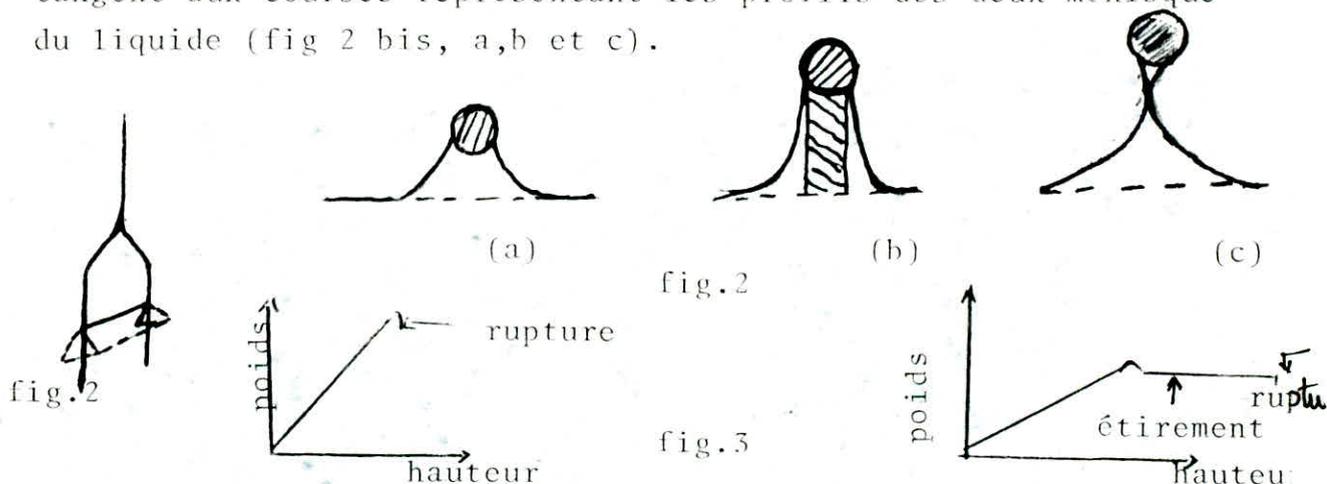
$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

de la courbe d'étalonnage et ayant déterminé son absorbance d'une solution de concentration connue, on peut calculer la concentration d'une solution de titre inconnue, en mesurant son absorbance.

## VII.3.2 METHODE DE L'ETRIER Fig 2

C'est un segment de fil rectiligne tendu horizontalement que l'on fait émerger de l'intérieur du liquide en le maintenant toujours parallèle à la surface. Ce que l'on mesure dans ce cas c'est le poids du liquide soulevé jusqu'à la hauteur à laquelle les deux ménisques ainsi formés se détachent du fil.

En pratique, le segment de fil constitue le côté inférieur et horizontal d'un cadre en fil de platine et en forme d'étrier, suspendu dans un plan vertical. (fig2) sur la figure 2 bis, la section droite de ce fil horizontal par un plan vertical qui lui est perpendiculaire est représenté par un petit cercle. Le fil étant parfaitement mouillable, ce petit cercle sera toujours tangent aux courbes représentant les profils des deux ménisques du liquide (fig 2 bis, a, b et c).



Dans cette position comme dans le cas de la lame, la longueur du fil étant de 1 cm, le poids des deux ménisques est égal à  $2L\delta$  dynes. Le poids total correspond en fait à un maximum car en soulevant davantage le fil on constate que la force pour l'équilibrer diminue. En effet, du fait de l'étirement, les deux surfaces courbes se rapprochent, se touchent (fig 2 bis, c) et avant même qu'elles s'interpénètrent, le liquide se rompt. Ainsi, la véritable valeur de la tension superficielle est mesurée au moment même où se produit cette rupture.

Lorsqu'on utilise en appareil automatique, le passage par le point maximum suivi de la rupture se traduit par un petit ressaut sur

les enregistrement de la variation de poids en fonction de la hauteur du fil (fig 3a).

Lorsqu'on a affaire à des solutions aqueuses, au lieu de se rompre immédiatement après le ressaut, le liquide s'étire en donnant une lame très tendue entre le double ménisque qui émerge et le fil horizontal qui le soulève. Cela se traduit sur la courbe enregistrée par un palier horizontal correspondant à une force constante (fig 3b). Cette lame ainsi étirée finit par se rompre lorsque le fil atteint une certaine hauteur.

REMARQUE :

Le mode opératoire suivi est le même que pour l'analyse spectrophotomètre sauf qu'avec la méthode tensiométrique les prélèvements de 5 ml sont dilués à 50 ml, afin de couvrir la surface de l'étrier. De ce fait la concentration déduite à partir de la courbe d'étalonnage sera multipliée par 0,1.

D'autre, nous sommes obligé de travailler à la température ambiante  $T = 19^{\circ}\text{C}$ , température à laquelle nous avons établie la courbe d'étalonnage.

# SPECTROPHOTOMETRE UV

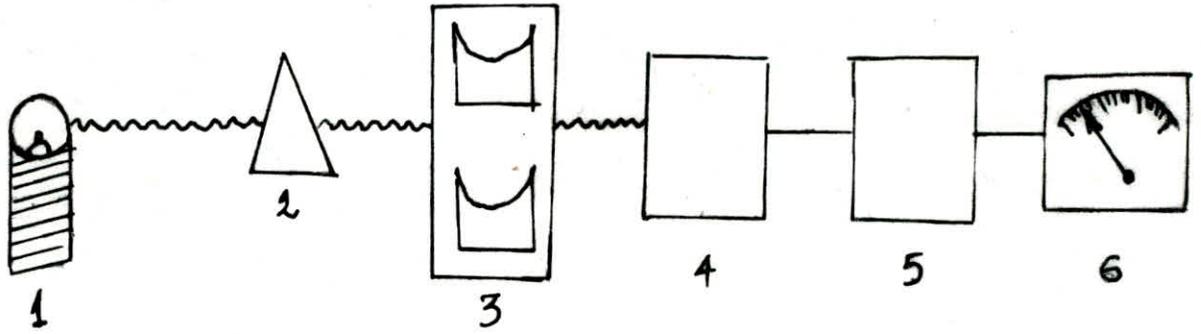


FIG. 1

## METHODE DE L'ETRIER

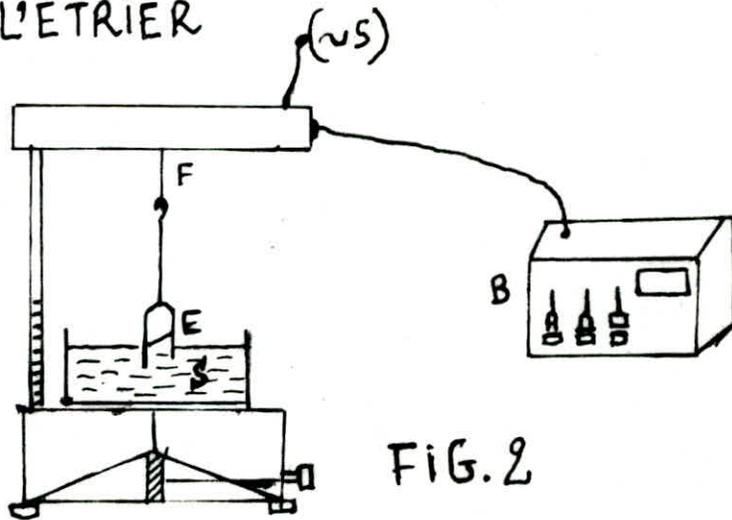
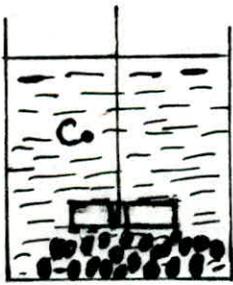


FIG. 2

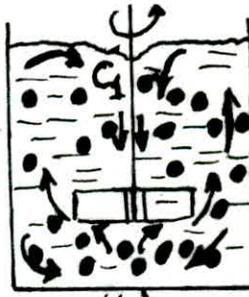


(a)

\*  $N_f = 0 \text{ tons} / \mu$

Film liquide Intact

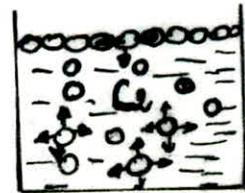
• Particules charbon



(b)

\*  $N_f \neq 0$

Cassure Du Film  
Le Soluté est en  
Contact du Solide.



(c)

\* Après prélèvement  
Reconstitution du  
film. → Mesure  
de la tension  
superficielle.

FIG. 2 bis

## VII. 4 PREPARATIONS DES SOLUTIONS

Nous avons trois composés pur à 99,5%. Connaissant la densité pour chaque composé, nous avons préparés des solutions à concentrations voulue avec comme solvant l'eau distillé .

Les solutions étalons sont préparés pour le cyclohexanol, par exemple de la façon suivante :

ution de 0,5g/l									
1 )	2	4	6	8	10	12	14	16	20
distillé									
1 )	98	96	94	92	90	88	86	84	80
responsance en									
/1)	10	20	30	40	50	60	70	80	100
concentra-									
en (m;mol/l)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00

Cette courbe d'étalonnage nous permet d'avoir la concentration en solution à l'instant t quelconque et les solutions préparés pour les autres expériences sont passer au spectrophotomètre pour vérifier leurs concentrations.

## VI.5 ISOTHERMES D'ADSORPTION

### VII.5.1 Méthode :

La méthode utilisés consiste à maintenir la concentration du soluté constante et à faire varier la masse de l'adsorbant.

Nous avons utilisé une série de flacons Erlen-Meyar de 150ml bien lavées et séchées, munis de bouchons entourés d'une matière plastique. Pour chaque flacon nous versons 100ml

de la solution à une concentration  $C_0$  pour chaque composé, ajouter la quantité de charbon nécessaire. Le tout est placé dans un bain thermostaté à une température constante ( $T=25^\circ\text{C}$ ) cette température étant prise comme la plus appropriée pour la description de l'équilibre.

### VII.5.2 Analyse

Avant de les faire passer à l'analyse ces flacons ont été laissés trois (03) semaines en les agitant périodiquement. Les valeurs de la concentration en phase liquide sont données par la courbe d'étalonnage, les valeurs de quantité adsorbée en phase ont été déduites du bilan de masse.

## VII.6 ETUDE CINETIQUE

### VII.6.1 Méthode

A partir d'une solution de concentration initial  $C_0$ , nous préparons des solutions à concentrations différentes, éventuellement par dilution. La température du bain est maintenue préalablement constante ( $T = 25^\circ\text{C}$ ) pour chaque expérience ainsi que la masse, du charbon ( $m = 10\text{g}$ ).

Nous versons dans le mélangeur la solution préparée à concentration déterminée et de volume  $V_0 = 1,53$  litres, avant de mettre la quantité de charbon, déclenché le système d'agitation à la vitesse constante ( $N_f = 6$  tours/s), ceci pour établir un équilibre thermique entre la solution et le milieu. Au temps  $t = 0$  seconde, mettre la quantité de charbon en faisant le premier prélèvement.

Par la suite nous augmentons l'intervalle de temps jusqu'à

la fin de l'expérience. Les prélèvements faites sont de 5ml afin d'avoir un volume réactionnel non variable d'où un Reynolds constant puisque la vitesse d'agitation est maintenue constante.

### VII.6.2 Description de l'appareillage utilisé Fig 3

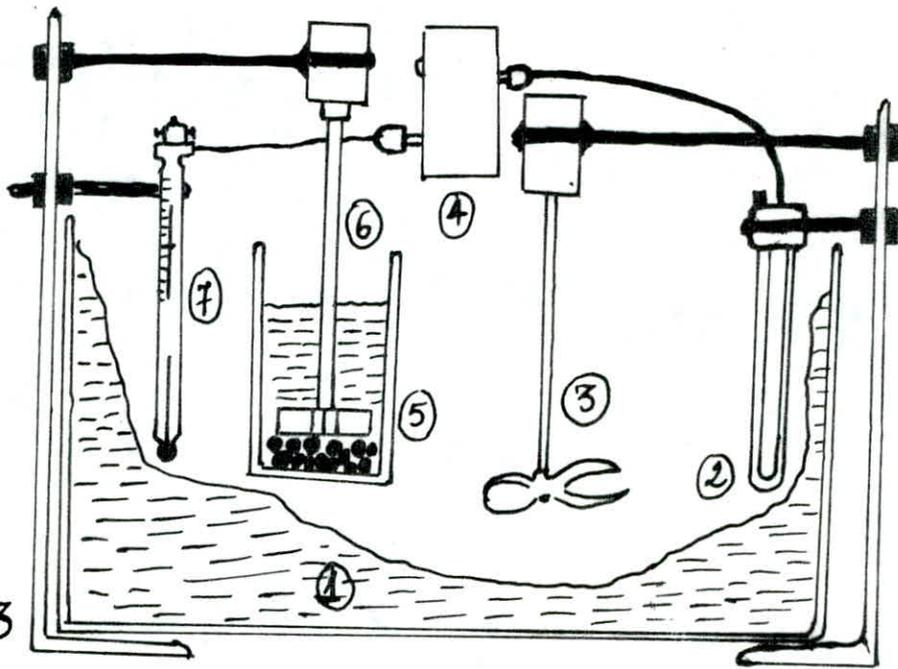
L'appareillage comprend :

- . Un bac (1) contenant de l'eau de chauffage à  $T = 25^{\circ}\text{C}$
- . Une résistance chauffante (2) reliée au régulateur.
- . Un agitateur à hélice (3), dont le rôle est d'uniformiser le chauffage dans le bac.
- . Bloc régulateur (4) à qui sont reliées (2) et (7). Une lampe témoin permet de vérifier si la température voulue est atteinte.
- . Le mélangeur (5), agité mécaniquement par (6), contenant la solution et la quantité de charbon.
- . L'agitateur mécanique (6) dont le rôle est d'assurer la fluidisation des particules au centre comme sur les parois.
- . Un thermocontact (7) fixé à la température de l'expérience et relié à (4).

### VII.6.3 Agitateur et vitesse d'agitation choisi

C'est un agitateur à quatre pales, attachés à un moteur lui permettant un mouvement de rotation plus ou moins rapide; la base de l'agitateur est placée à une distance permettant une bonne fluidisation des particules (fig.4).

Fig. 3



★ Description De L'appareillage Pour L'étude Cinétique

- ① Bain Thermostaté.
- ② Résistance Chauffante.
- ③ Agitateur à Hélice Actioné Par Un Moteur Electrique.
- ④ Thermocouple.
- ⑤ Mélangeur.
- ⑥ Agitateur Mécanique A (04) Pales Actioné Par Un Moteur Electrique
- ⑦ Thermocouple Fixé à la Température De L'expérience

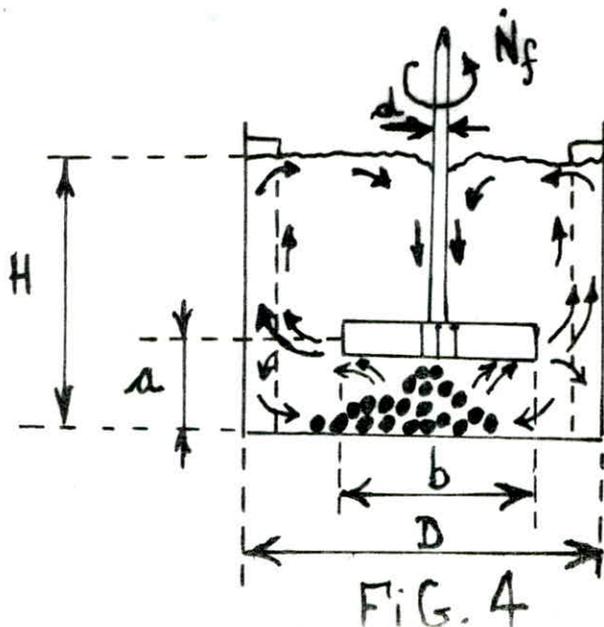


FIG. 4

$$H = D = 12,5 \text{ cm}$$

$$a = 0,25 * b$$

$$b = \frac{D}{3}$$

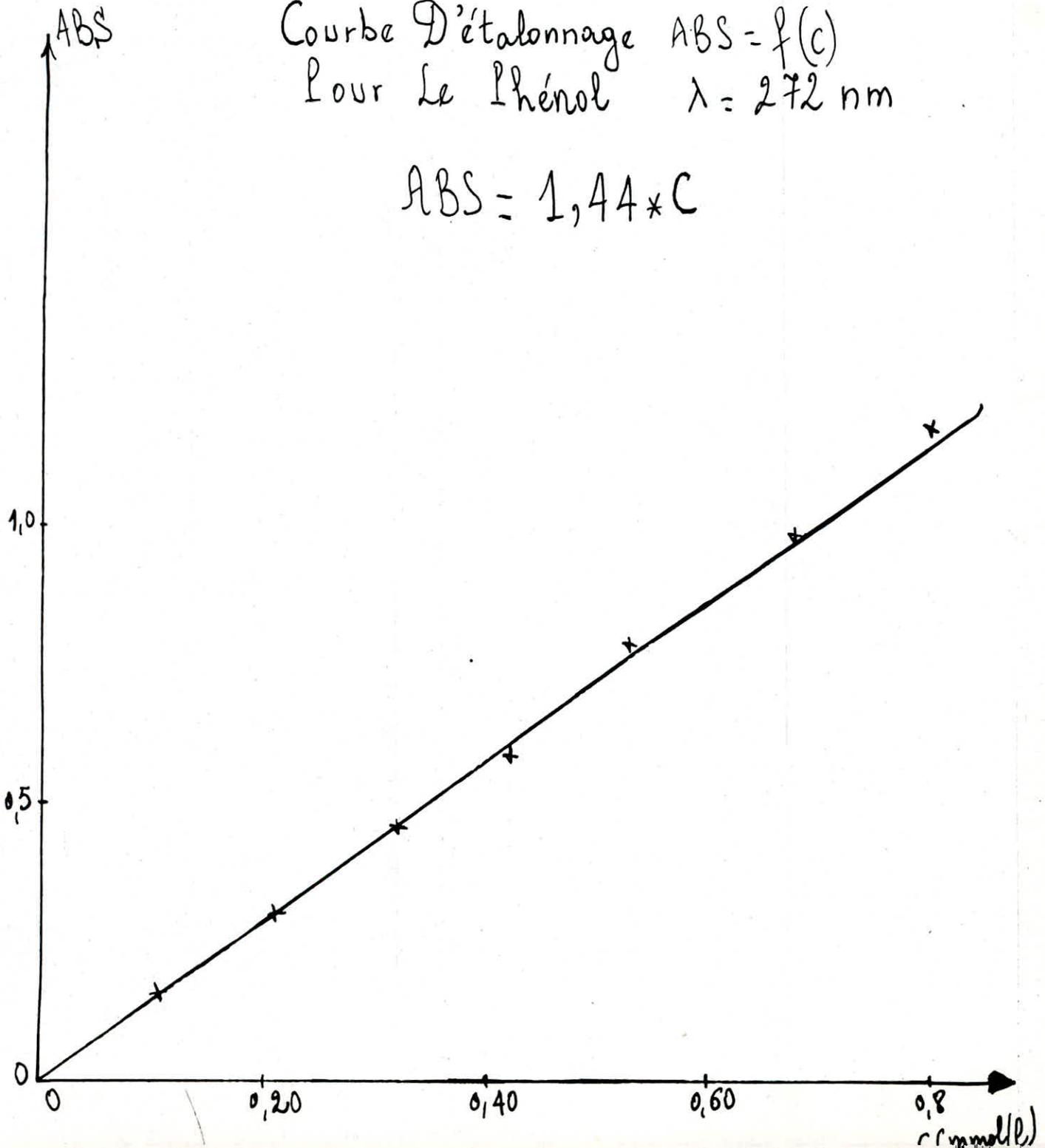
$$N_f = 6 \text{ Tours /secondes}$$

$$d = 2 \text{ mm}$$

Le dépôt des particules est observé au fond, du mélangeur, nous avons opéré à des vitesses d'agitations différentes jusqu'à une valeur critique ( $\dot{N}_f$ ) pour laquelle la totalité des particules sont fluidisées. Cette vitesse a été mesurée à l'aide d'un tacymètre placé au dessus de l'arbre de l'agitateur et donne directement la vitesse en tours par minutes.

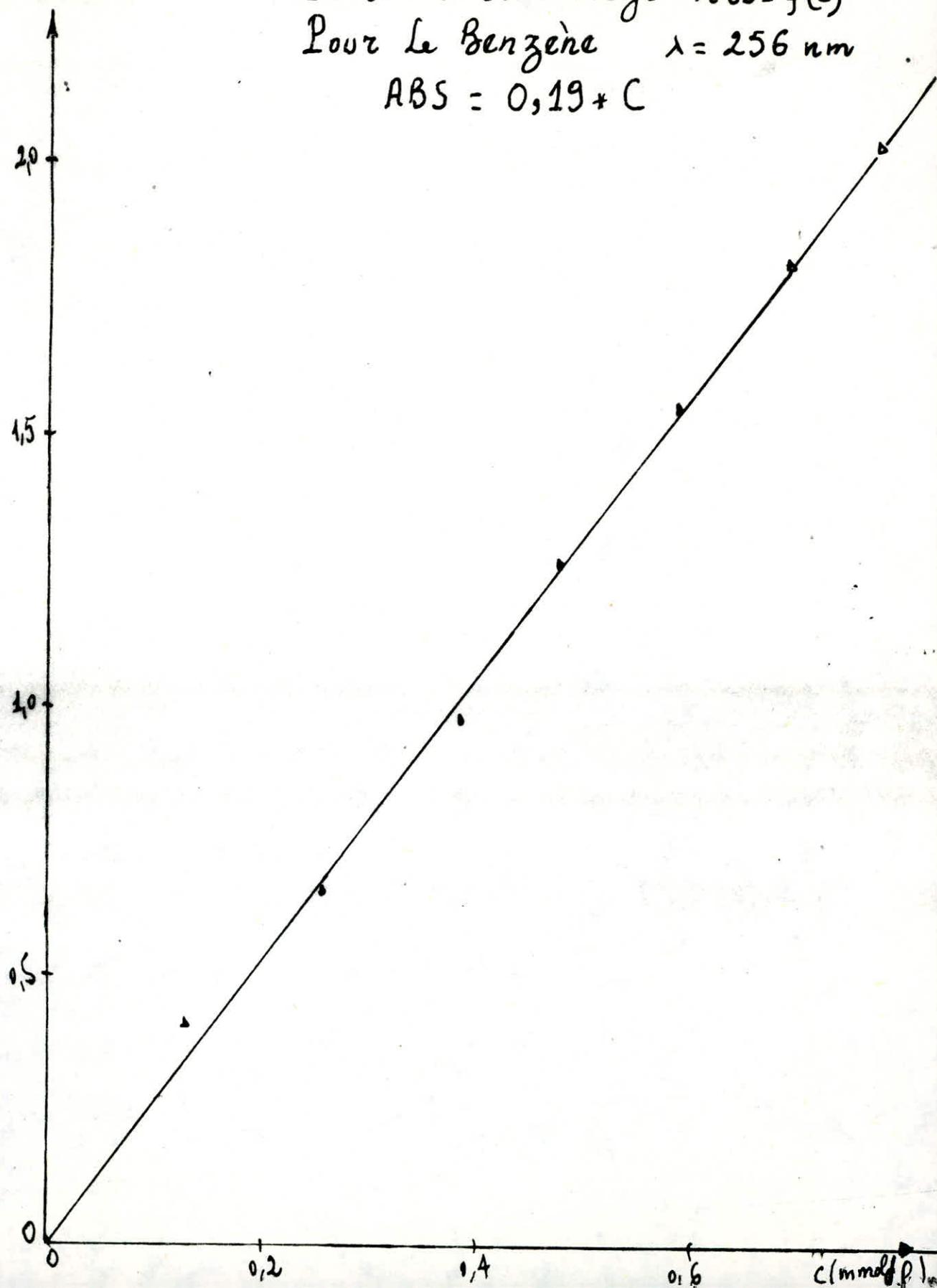
Courbe D'étalonnage  $ABS = f(c)$   
Pour Le Phénol  $\lambda = 272 \text{ nm}$

$$ABS = 1,44 * C$$



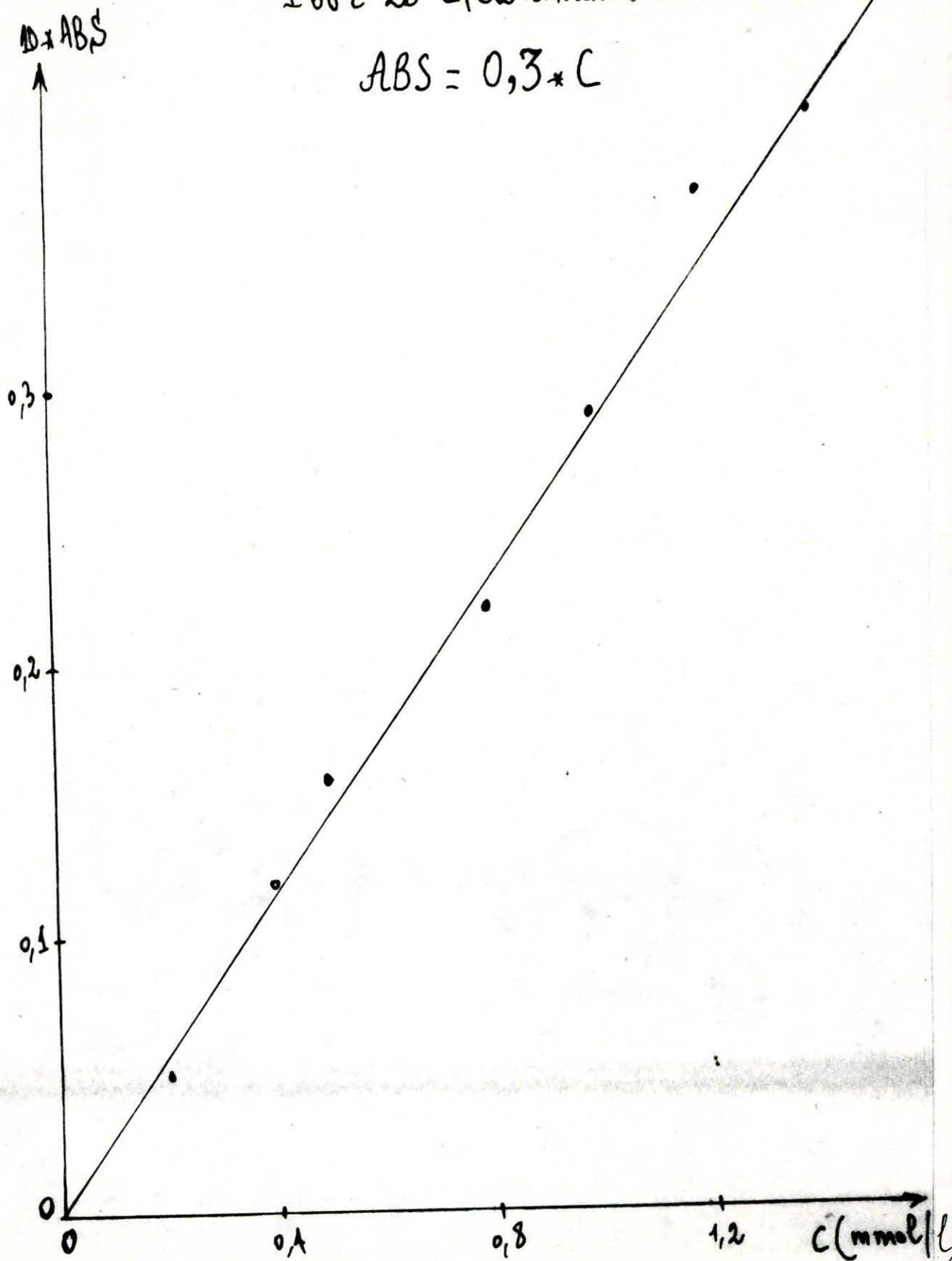
10\*ABS

Courbes D'étalonnage  $ABS = f(C)$   
Pour Le Benzène  $\lambda = 256 \text{ nm}$   
 $ABS = 0,19 * C$



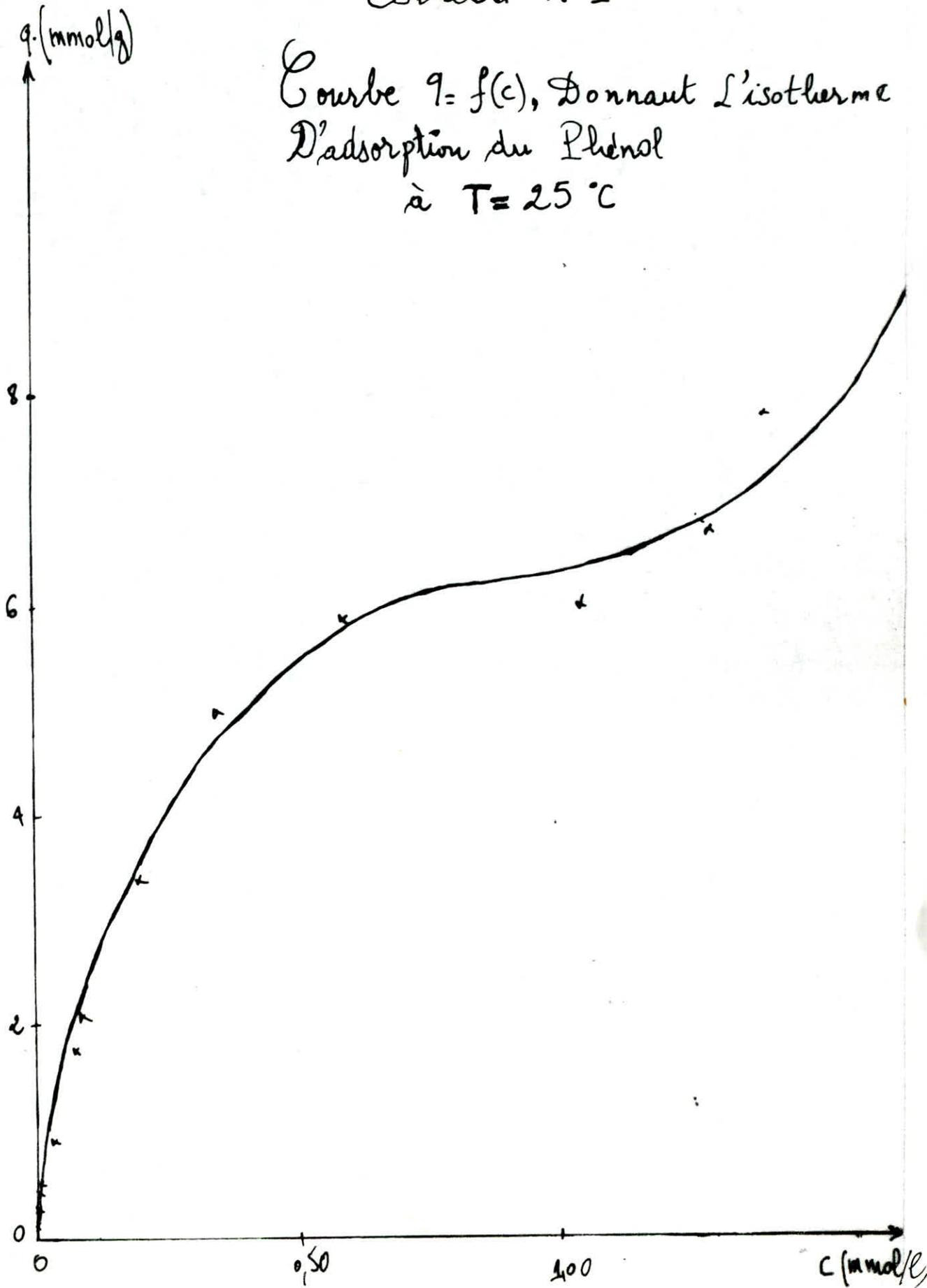
Courbe D'étalonnage  $ABS = f(C)$   
Pour le Cyclohexanol.  $\lambda = 285nm$

$$ABS = 0,3 * C$$

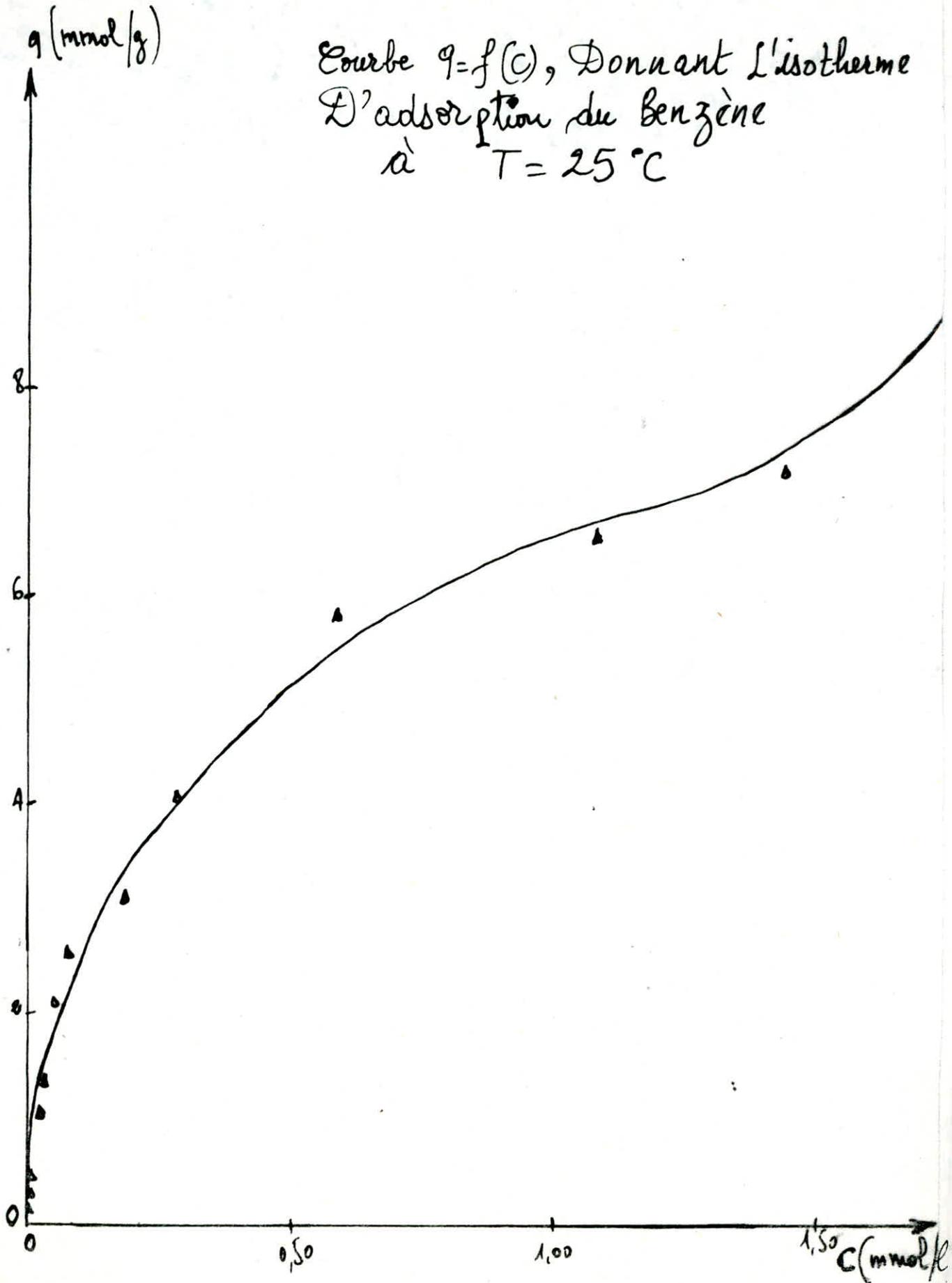


# Tableau N°1

Courbe  $q = f(c)$ , Donnant L'isotherme  
D'adsorption du Phénol  
à  $T = 25^\circ\text{C}$

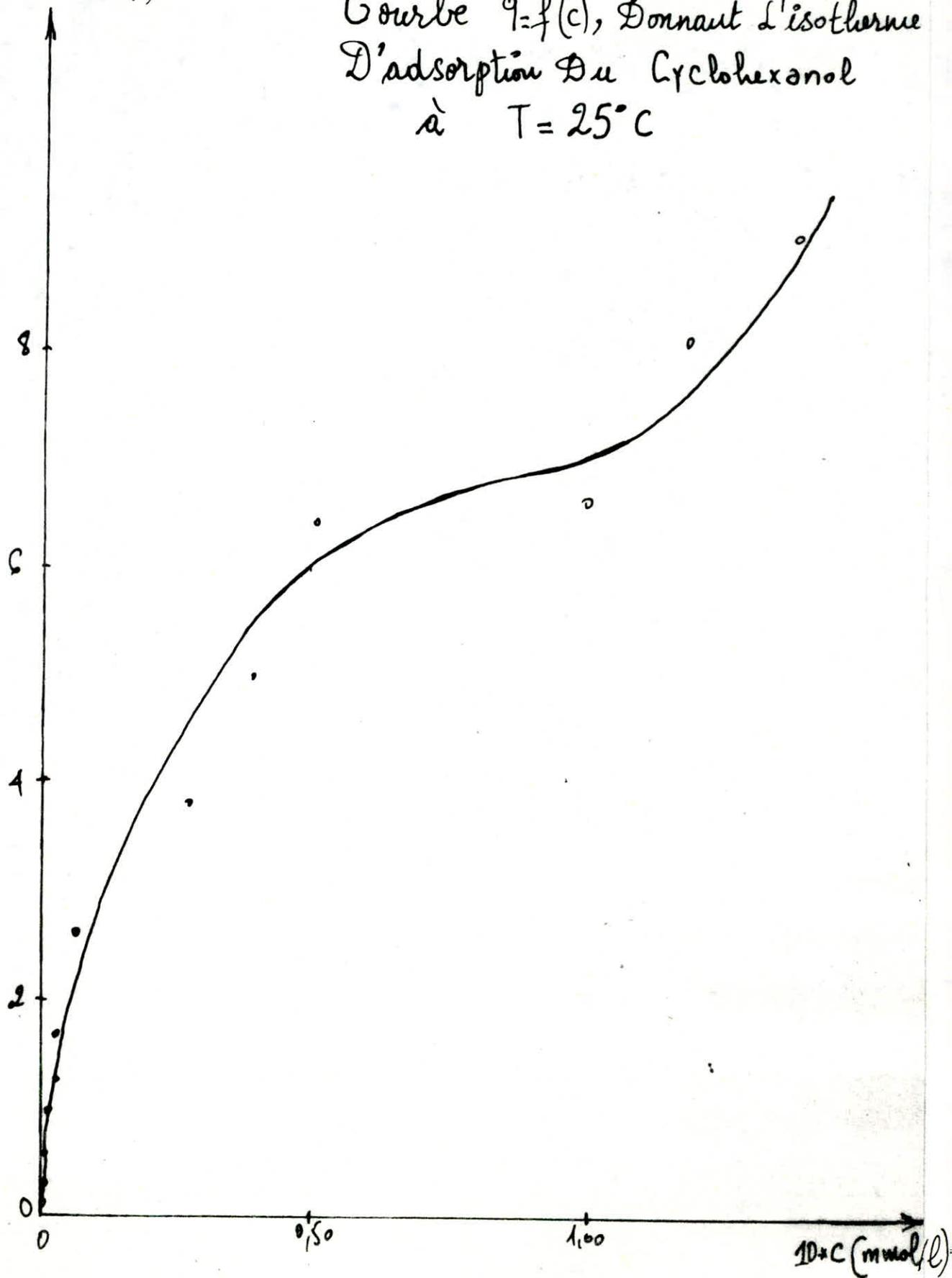


Courbe  $q=f(C)$ , Donnant l'isotherme  
D'adsorption du Benzène  
à  $T=25^{\circ}\text{C}$

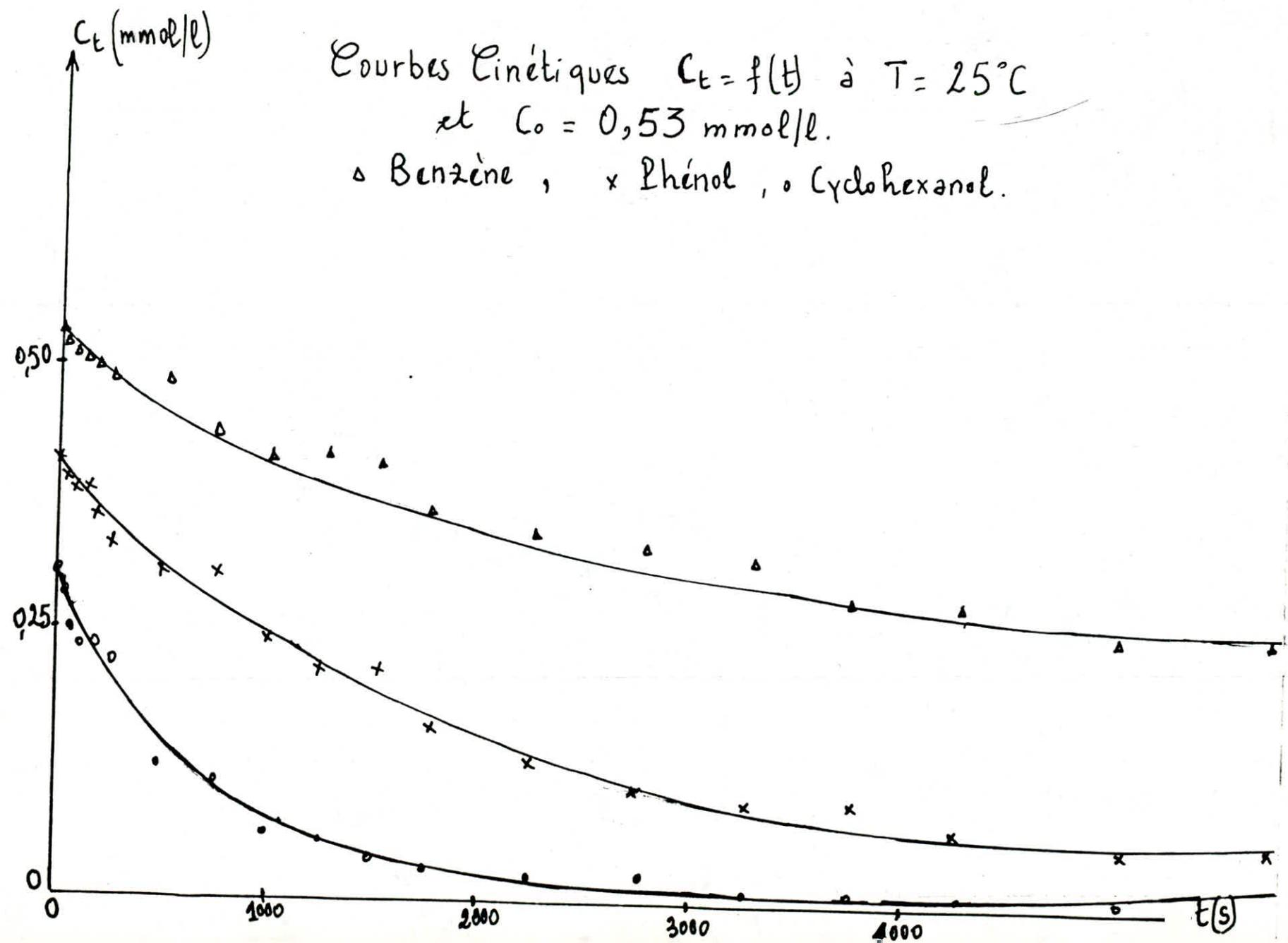


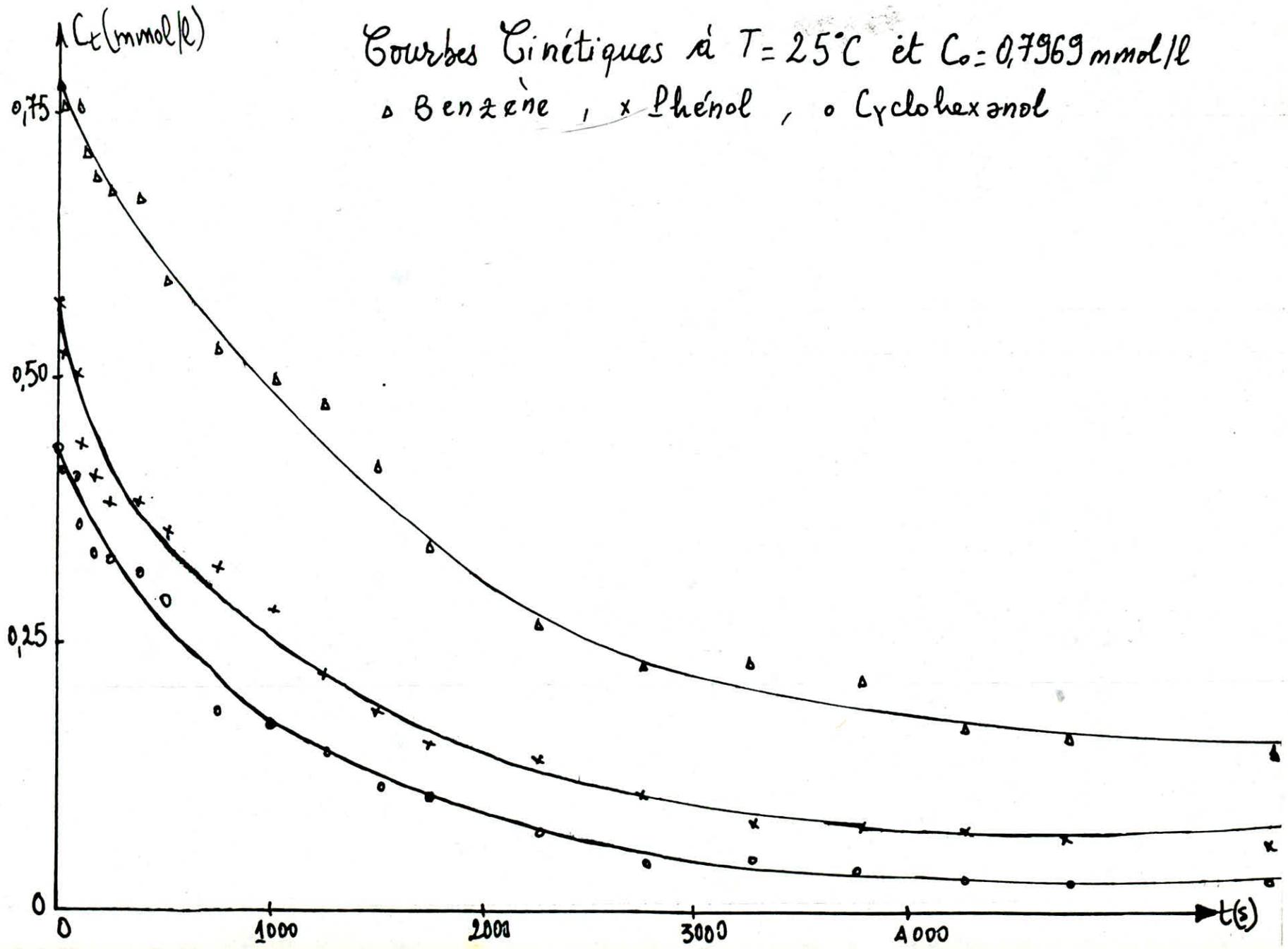
$q$  (mmol/g)

Courbe  $q=f(c)$ , Donnant l'isotherme  
D'adsorption Du Cyclohexanol  
à  $T=25^{\circ}\text{C}$



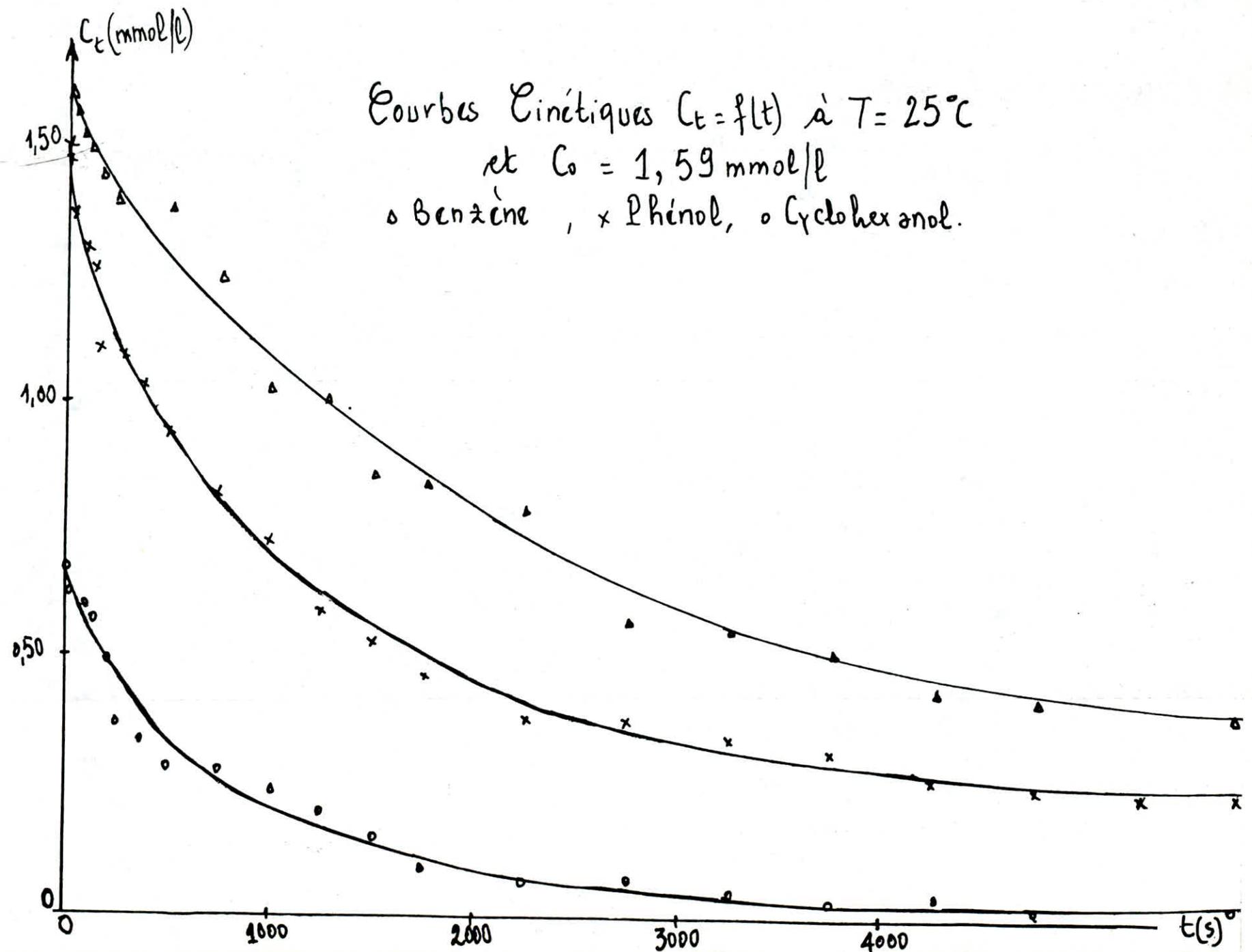
Courbes Cinétiques  $C_t = f(t)$  à  $T = 25^\circ\text{C}$   
et  $C_0 = 0,53 \text{ mmol/l}$ .  
 $\Delta$  Benzène ,  $\times$  Phénol ,  $\circ$  Cyclohexanol.



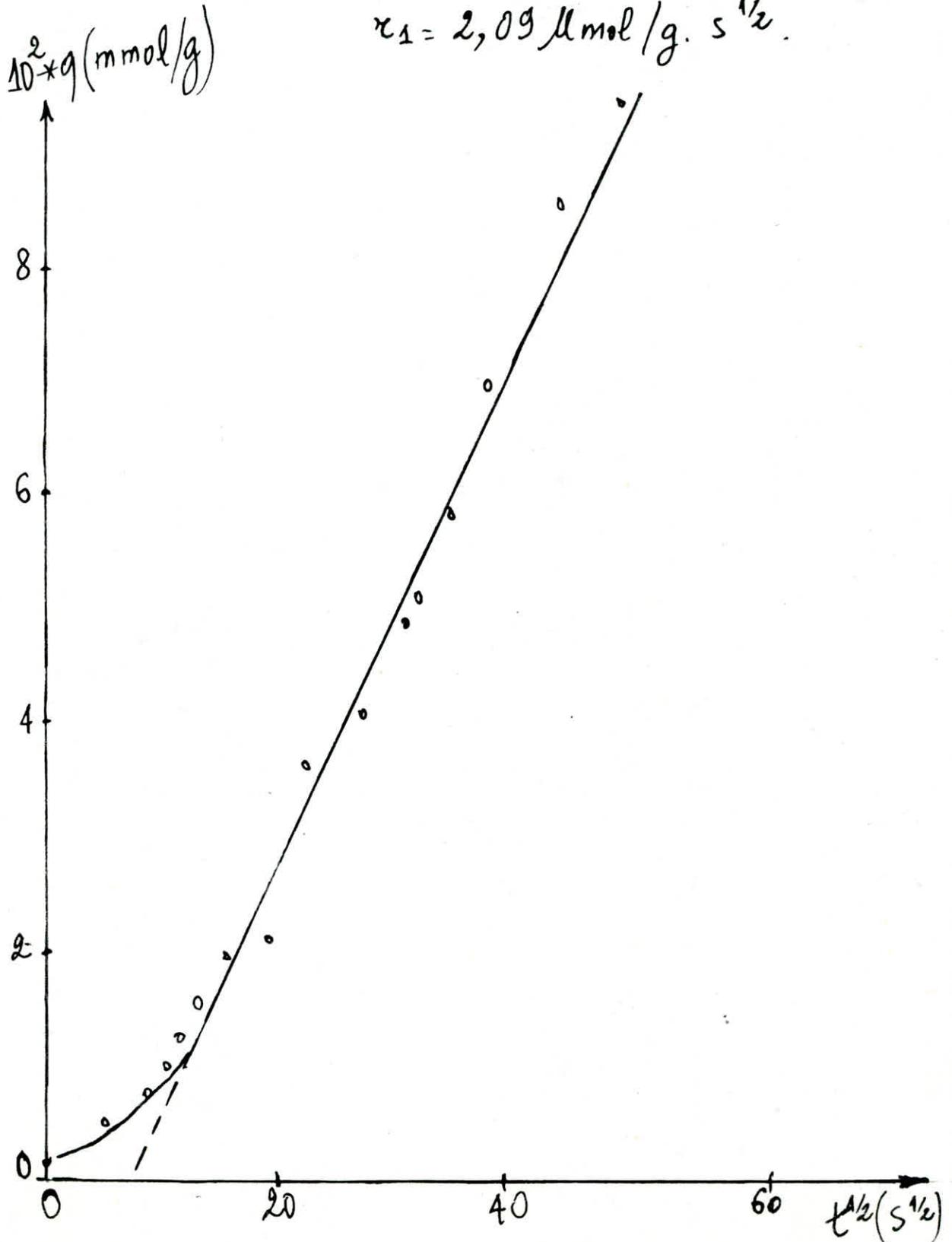


Courbes Cinétiques à  $T = 25^\circ\text{C}$  et  $C_0 = 0.7969$  mmol/l  
 $\Delta$  Benzène,  $\times$  Phénol,  $\circ$  Cyclohexanol

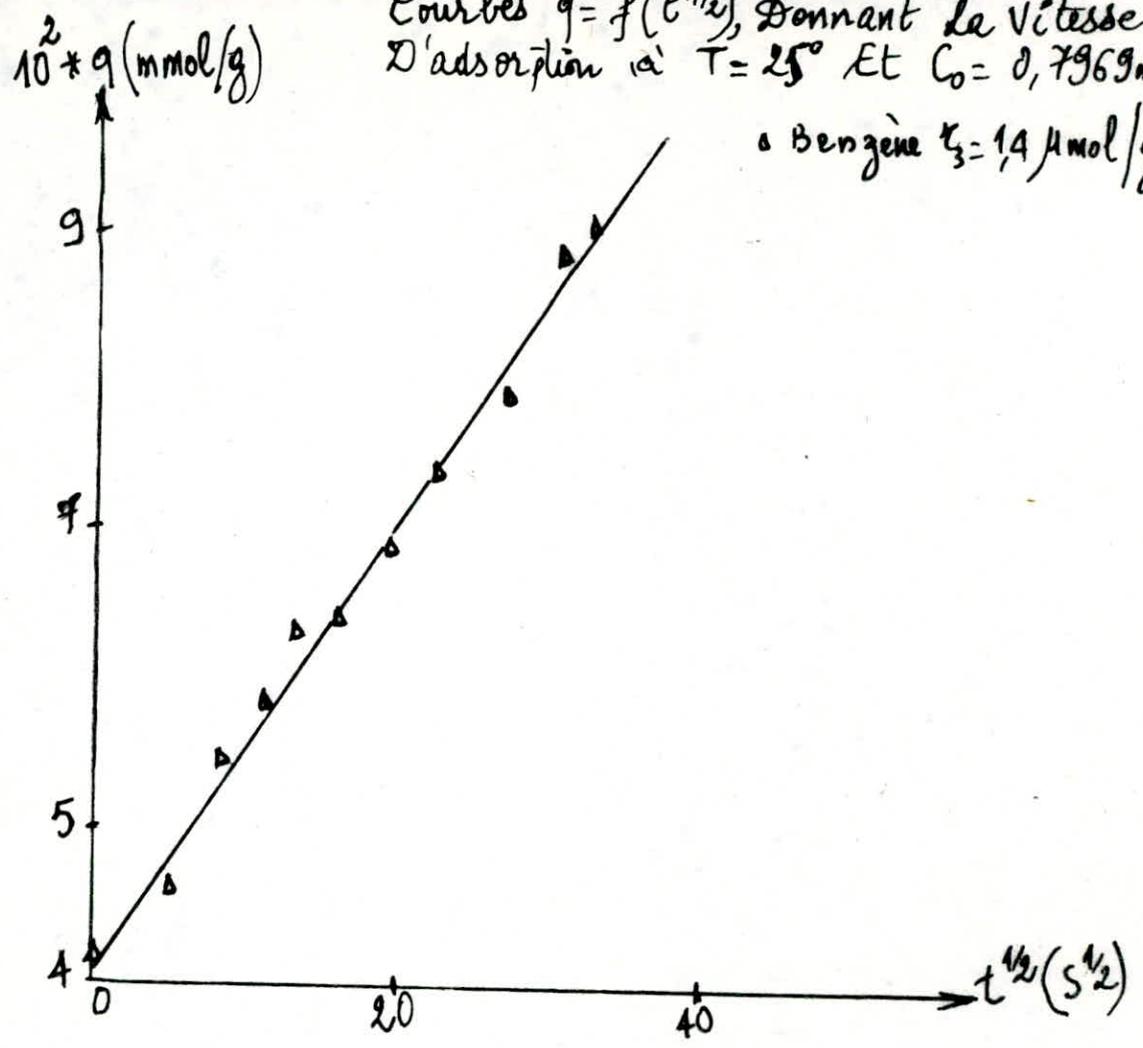
Courbes Cinétiques  $C_t = f(t)$  à  $T = 25^\circ\text{C}$   
et  $C_0 = 1,59 \text{ mmol/l}$   
o Benzène , x Phénol, o Cyclohexanol.



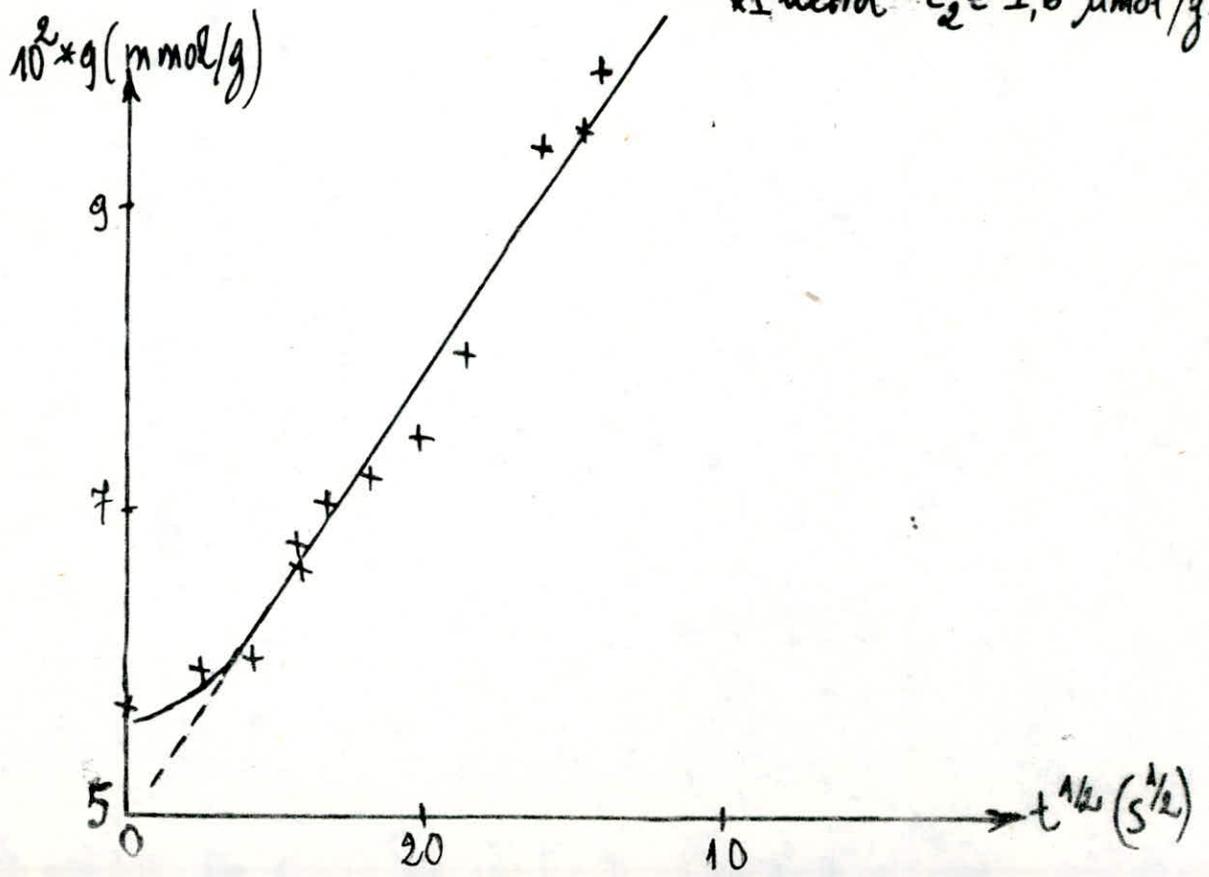
Courbe  $q = f(t^{1/2})$ , donnant la Vitesse  
 D'adsorption Du Cyclohexanol  
 à  $T = 25^\circ\text{C}$  Et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l}$   
 $\kappa_1 = 2,09 \mu\text{mol/g} \cdot \text{s}^{1/2}$ .



Courbes  $q = f(t^{1/2})$ , donnant la vitesse  
 D'adsorption à  $T = 25^\circ$  Et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l}$   
 • Benzène  $\tau_3 = 1,4 \mu\text{mol/g}\cdot\text{s}^{1/2}$



• Phénol  $\tau_2 = 1,6 \mu\text{mol/g}\cdot\text{s}^{1/2}$



3) Courbes  $q = f(t^{1/2})$ , Donnant Les Vitesses D'adsorption à  $T = 25^\circ\text{C}$  Et  $C_0 = 1,06 \text{ mmol/l}$

- $\Delta$  Benzine  $\tau_1 = 1,64 \text{ } \mu\text{mol/g}\cdot\text{s}^{1/2}$
- $\times$  Phénol  $\tau_2 = 1,80 \text{ } \mu\text{mol/g}\cdot\text{s}^{1/2}$
- $\circ$  Cyclohexanol  $\tau_3 = 1,84 \text{ } \mu\text{mol/g}\cdot\text{s}^{1/2}$

Tableau N° 4

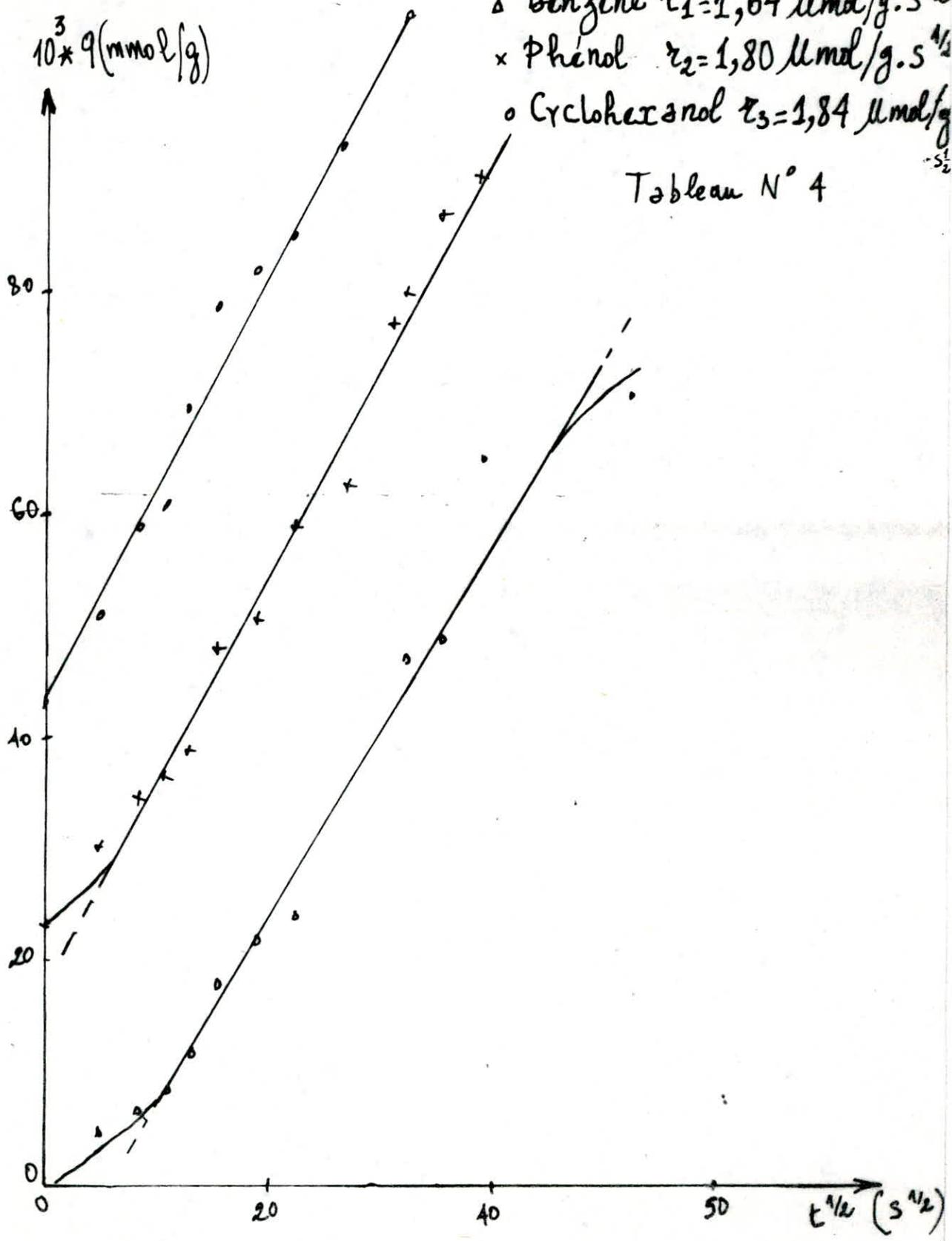
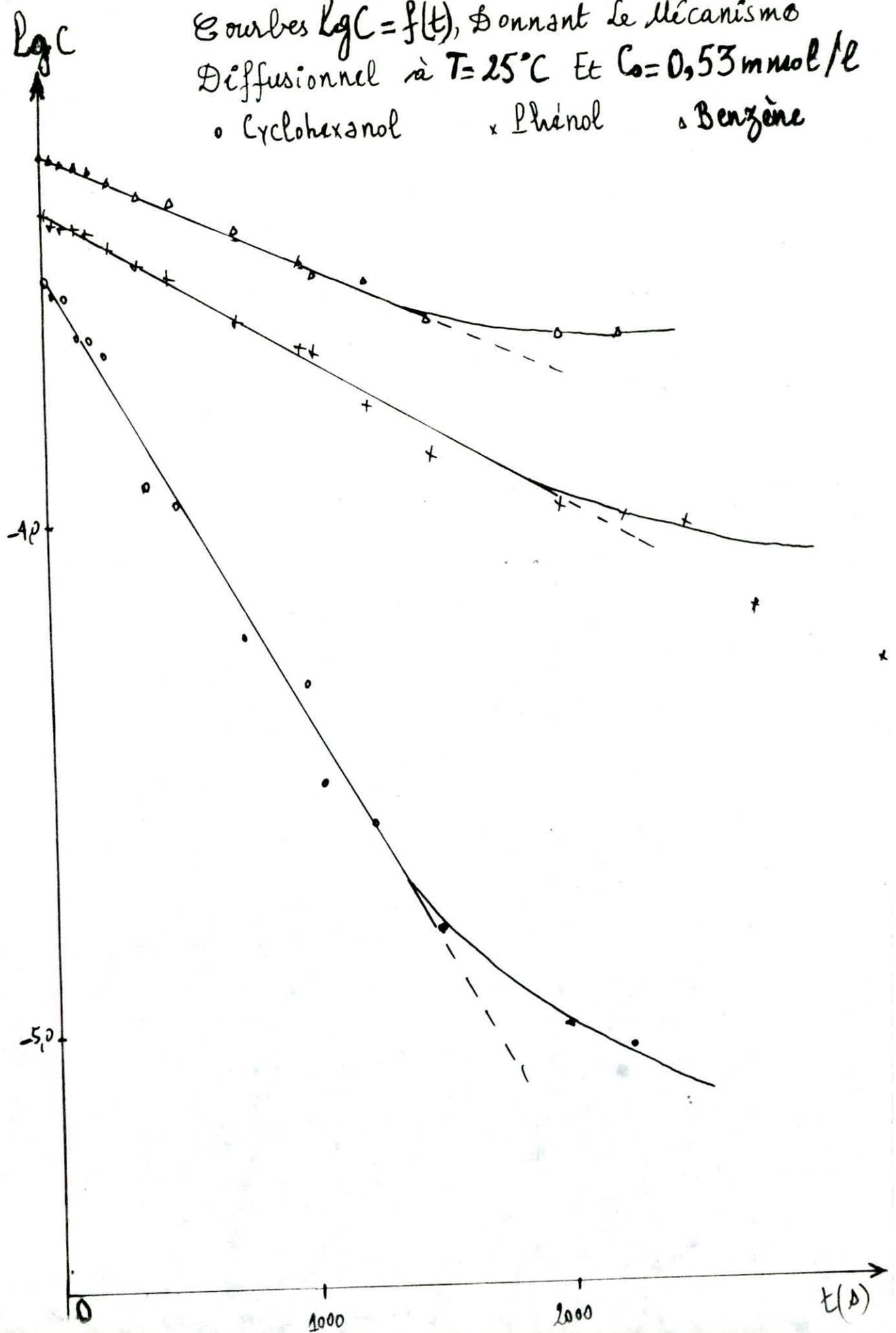
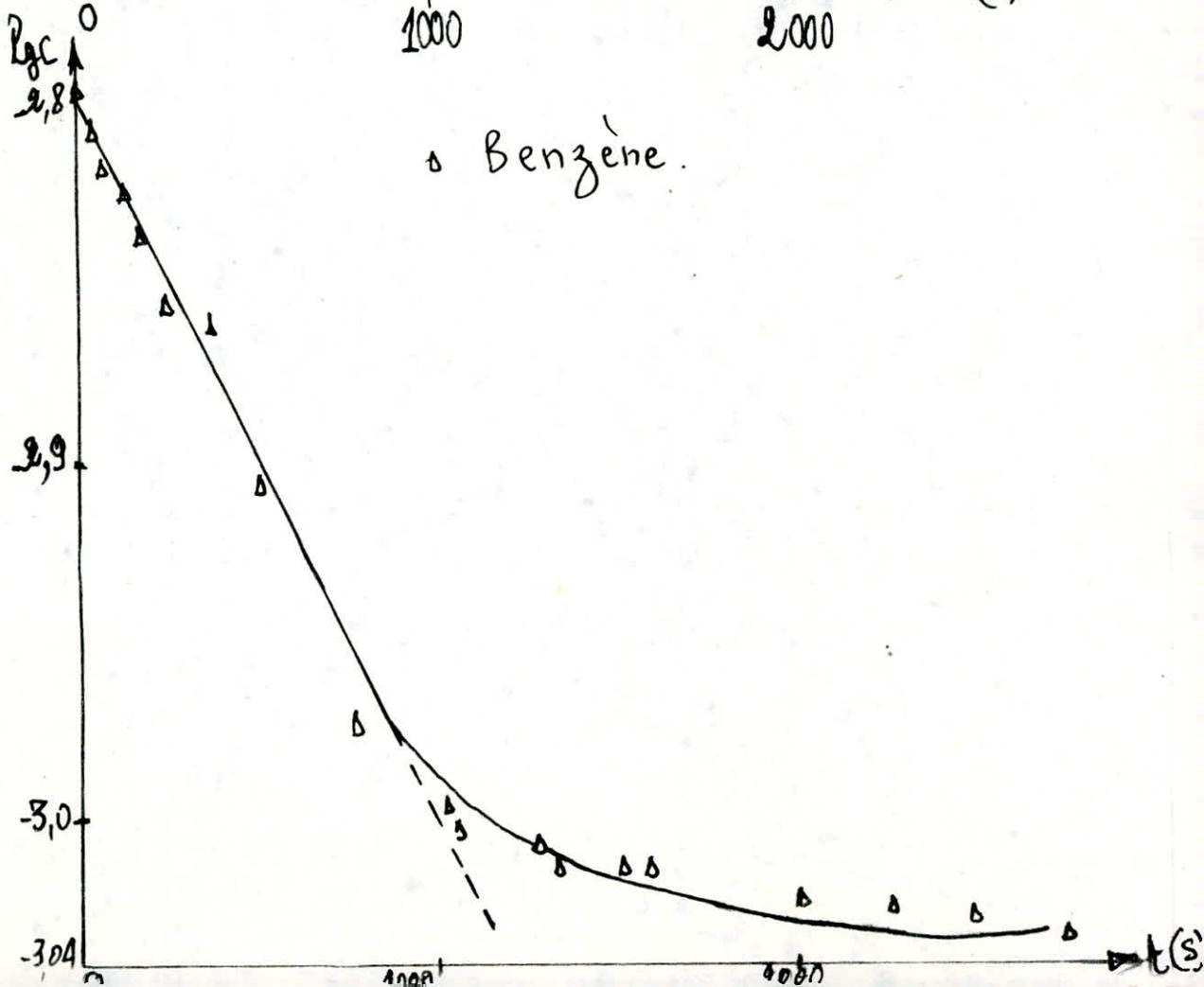
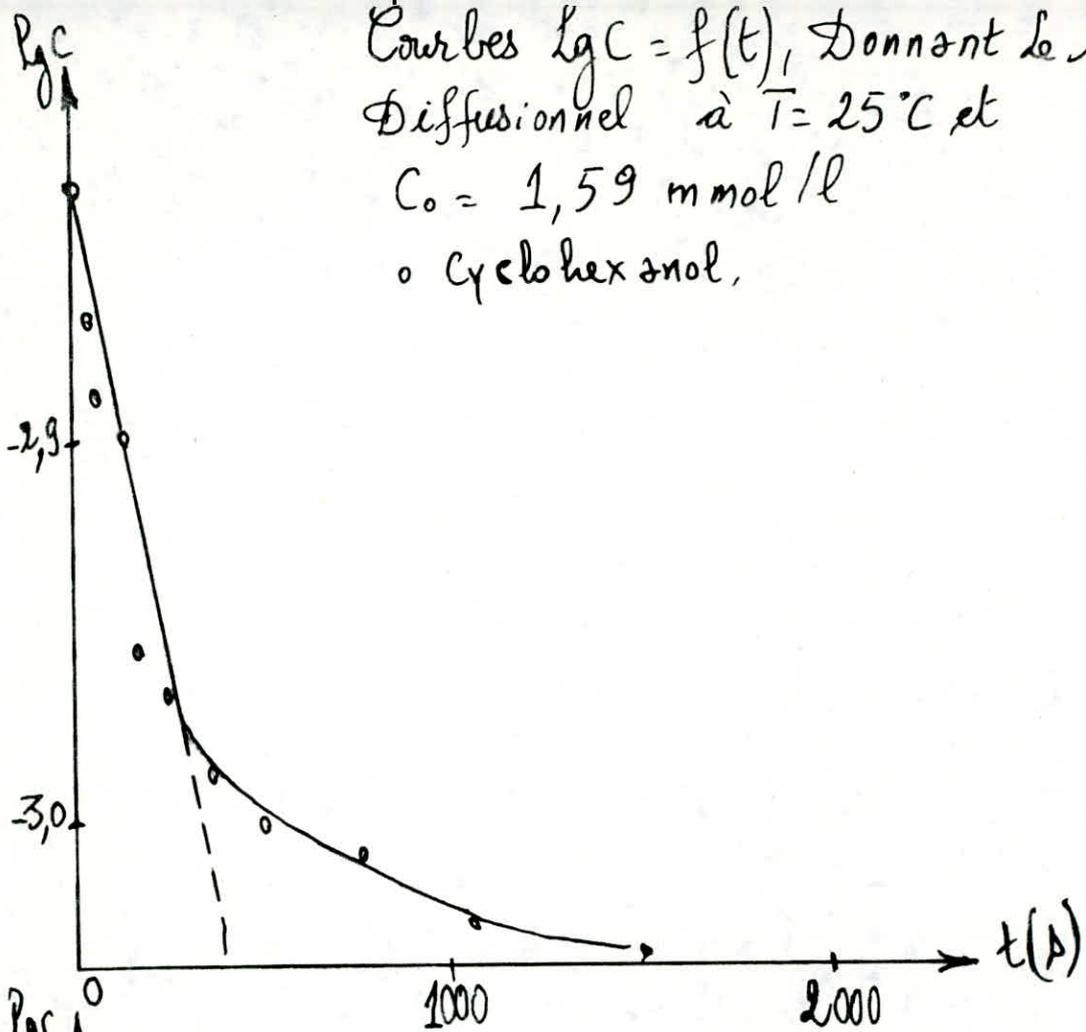


Tableau 10  
 Courbes  $\lg C = f(t)$ , donnant le mécanisme  
 Diffusionnel à  $T = 25^\circ\text{C}$  Et  $C_0 = 0,53 \text{ mmol/l}$   
 o Cyclohexanol    x Phénol    o Benzène

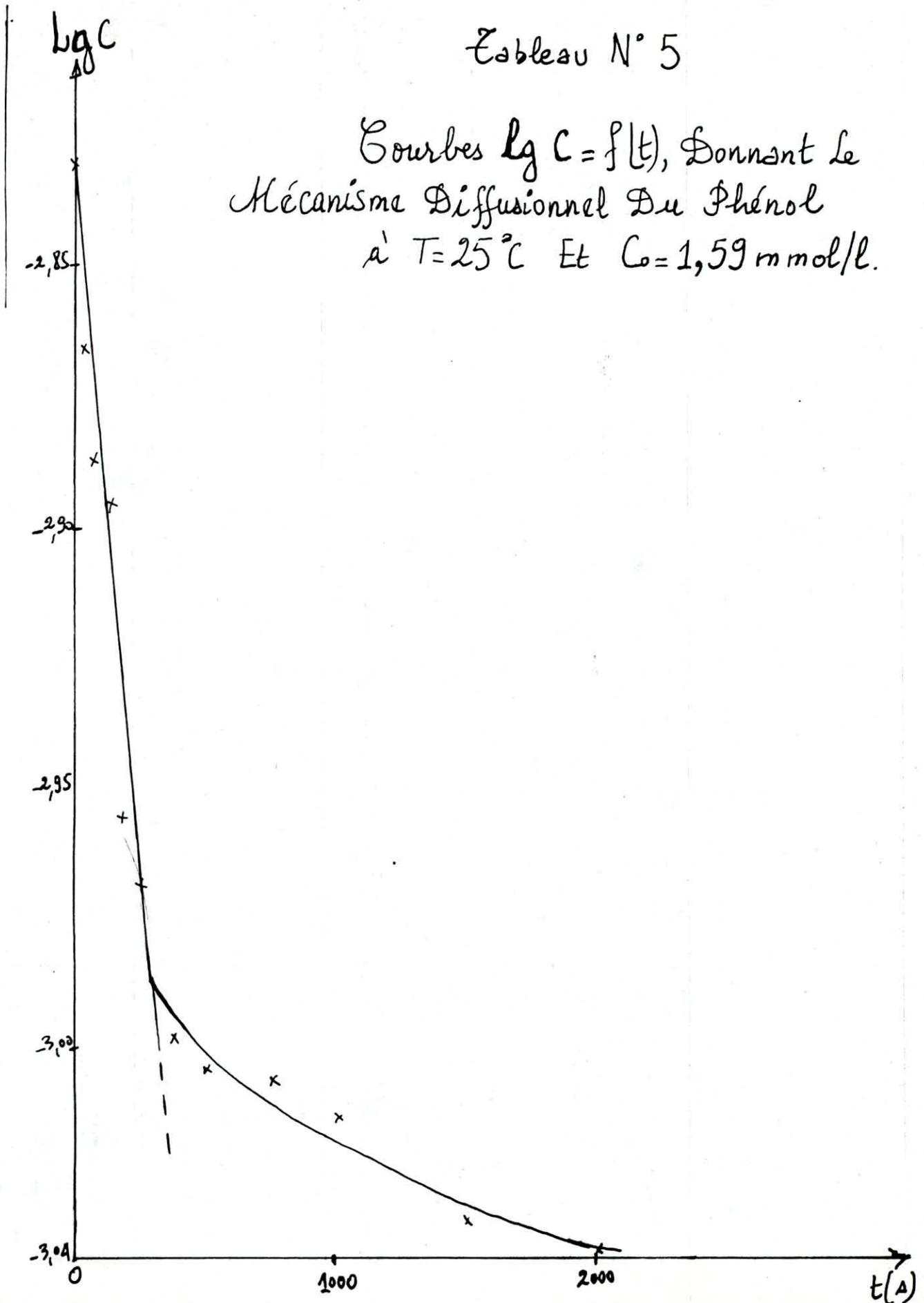


Courbes  $\lg C = f(t)$ , Donnant le Mécanisme  
 Diffusionnel à  $T = 25^\circ\text{C}$  et  
 $C_0 = 1,59 \text{ mmol/l}$   
 o Cyclohexanol,



## Tableau N° 5

Courbes  $\lg C = f(t)$ , Donnant Le  
 Mécanisme Diffusionnel Du Phénol  
 à  $T=25^{\circ}\text{C}$  Et  $C_0=1,59\text{ mmol/l}$ .

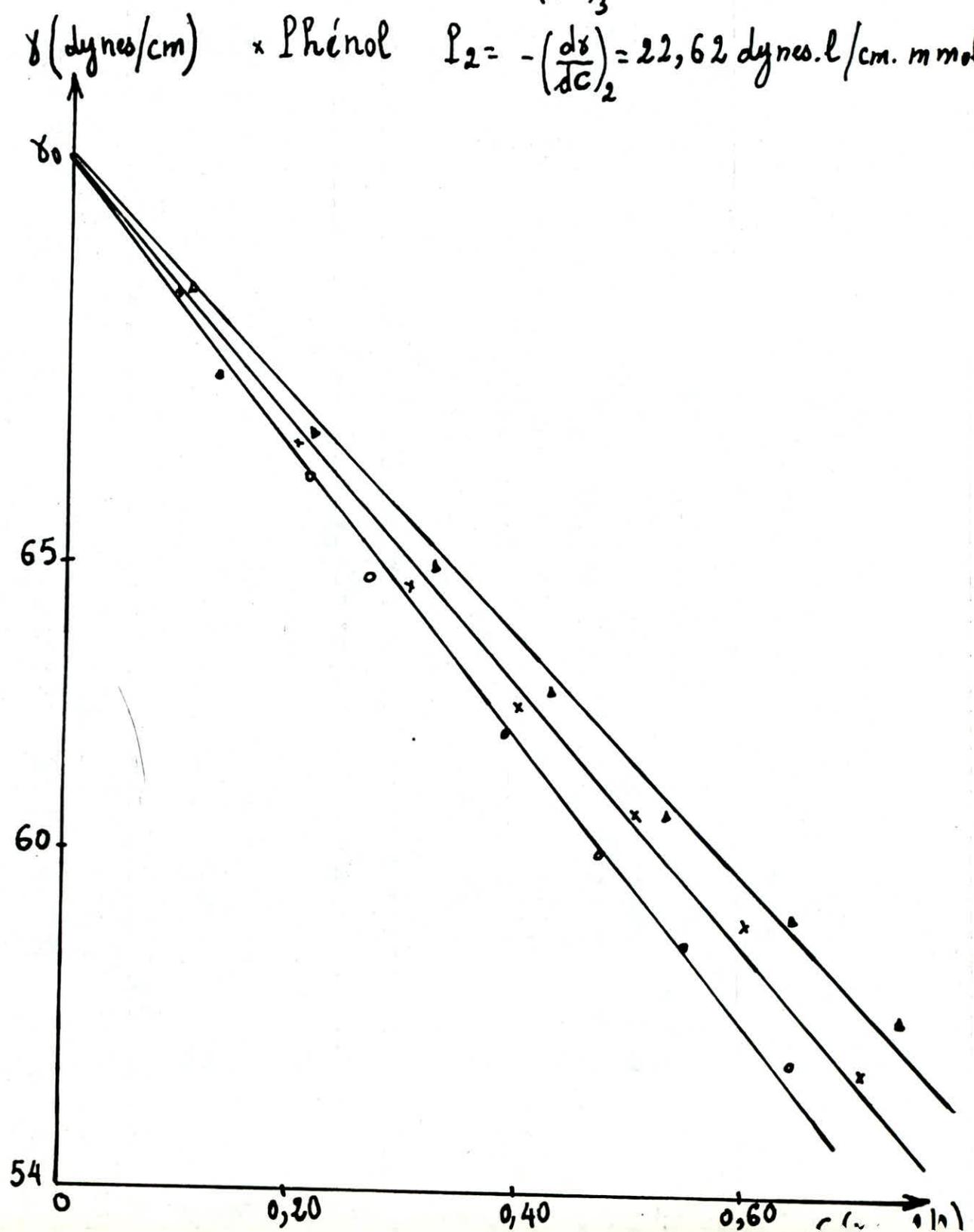


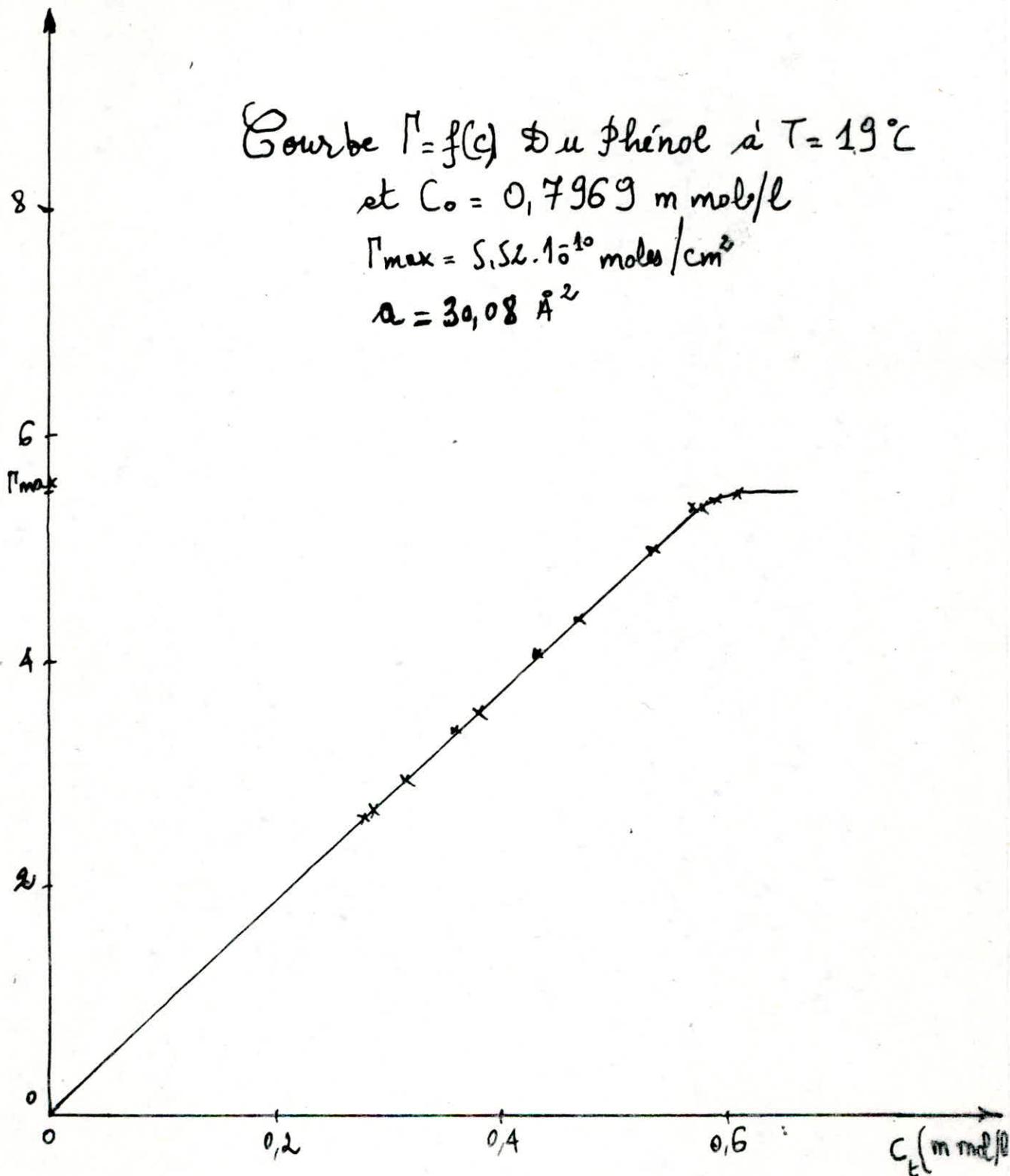
# Courbes D'étalonnage Par la Méthode De l'étrier à $T = 19^\circ\text{C}$

o Cyclohexanol  $P_1 = -\left(\frac{d\gamma}{dc}\right)_1 = 24,58 \text{ dynes.l/cm.mmol}$

o Benzène  $P_3 = -\left(\frac{d\gamma}{dc}\right)_3 = 21,13 \text{ dynes.l/cm.mmol}$

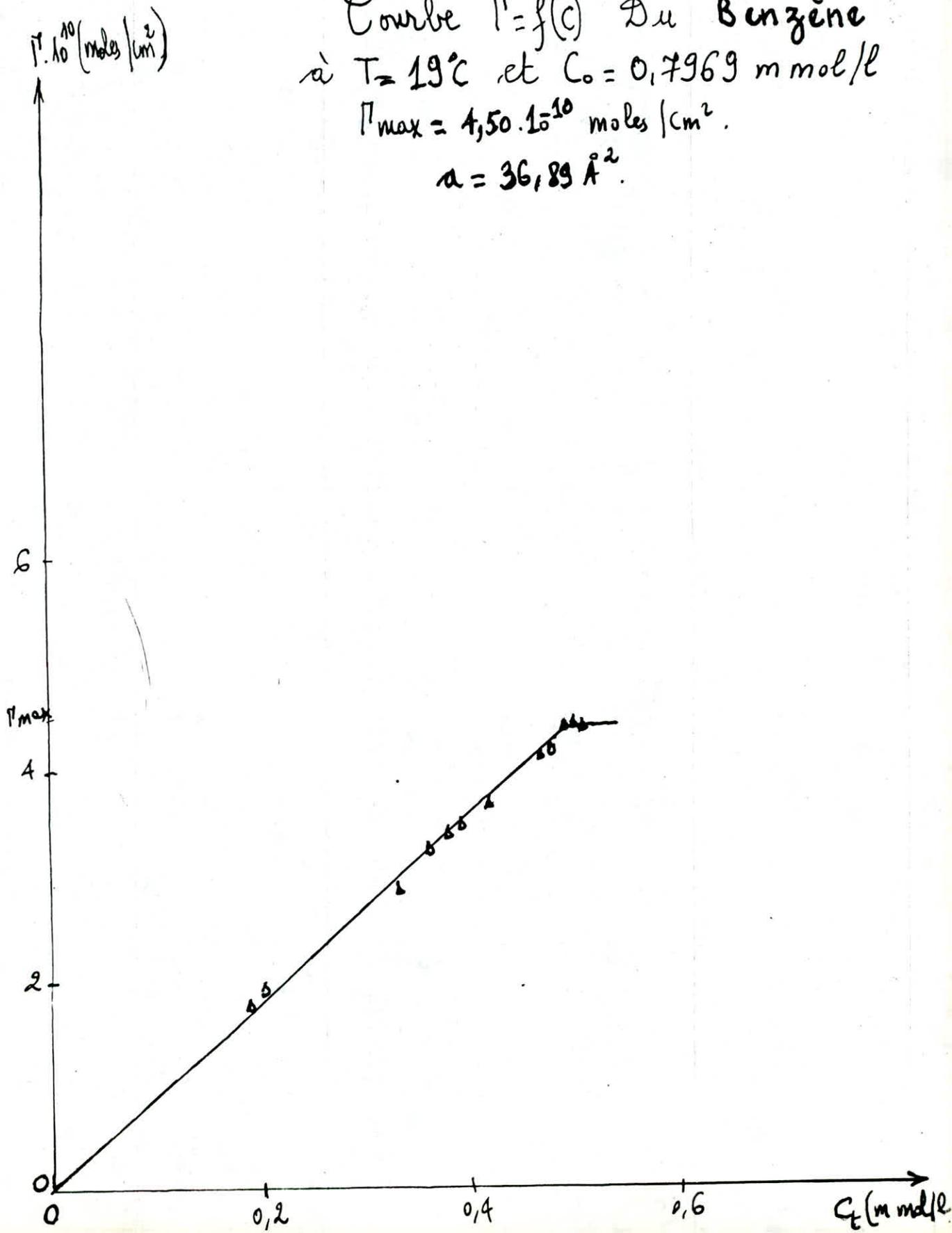
x Phénol  $P_2 = -\left(\frac{d\gamma}{dc}\right)_2 = 22,62 \text{ dynes.l/cm.mmol}$



$\Gamma \cdot 10^{10} \text{ (moles/cm}^2\text{)}$ 


## Tableau N° 7

Courbe  $\Pi = f(c)$  Du Benzène  
à  $T = 19^\circ\text{C}$  et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l}$   
 $\Pi_{\text{max}} = 4,50 \cdot 10^{-10} \text{ moles/cm}^2$   
 $a = 36,89 \text{ \AA}^2$



## Tableau N° 7

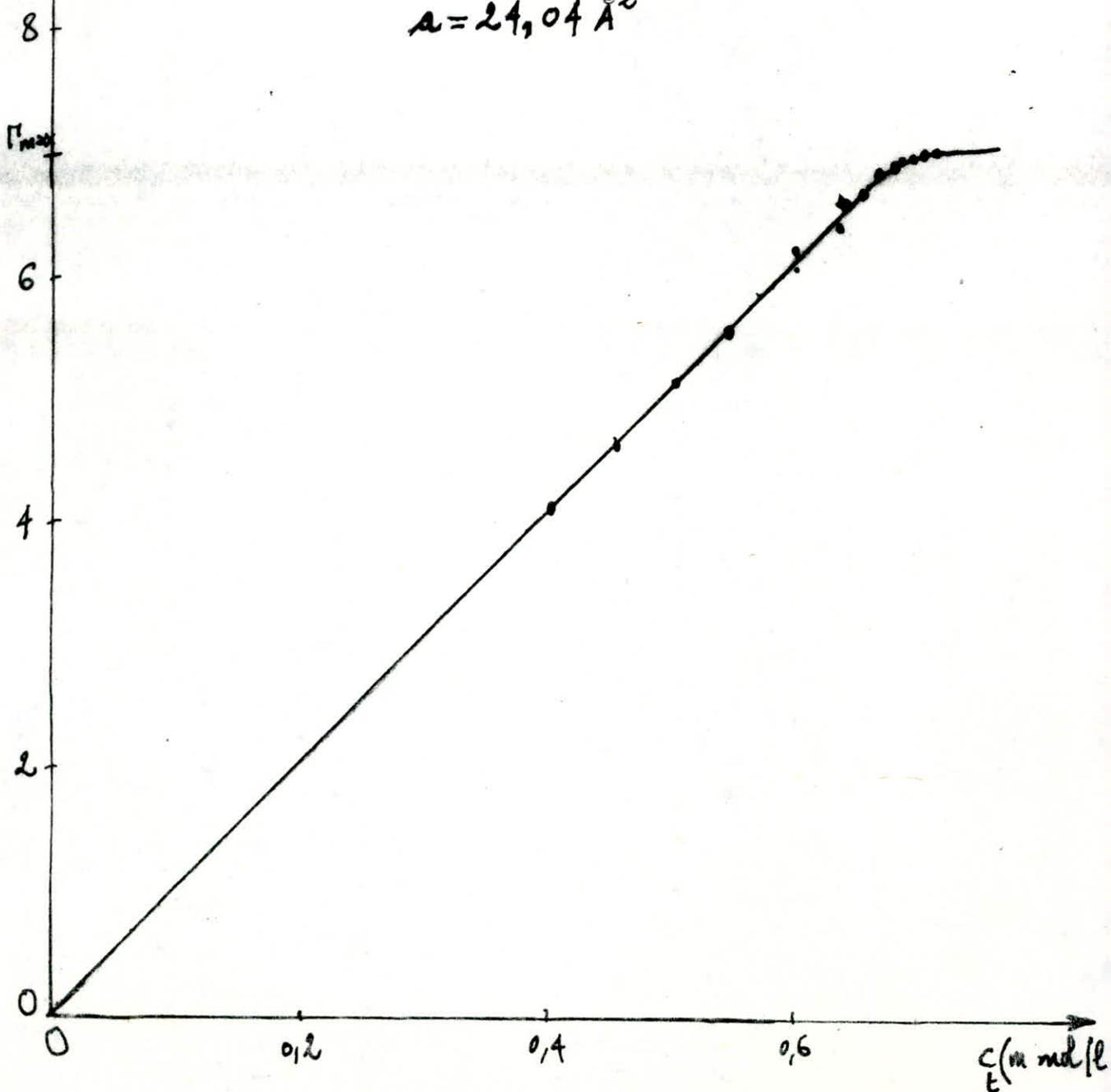
 $\Gamma \cdot 10^{10} \text{ (moles/cm}^2\text{)}$ 

Courbe  $\Gamma = f(c)$  Du Cyclohexanol à  $T = 19^\circ\text{C}$

et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l}$

$\Gamma_{\text{max}} = 6,905 \cdot 10^{-10} \text{ moles/cm}^2$

$a = 24,04 \text{ \AA}^2$



## EXPLOITATION DES RESULTATS

La forme des isothermes d'adsorption  $q = f(c)$  sont du type II en S, ce type est rencontré dans le cas d'adsorption en multicouche c'est à dire qu'il y a formation d'une couche monomoléculaire, et d'une seconde branche qui peut être due à la formation d'une couche polymoléculaire. cette forme explique aussi que notre charbon est peu poreux et que le diamètre des pores est :  $50 \text{ \AA} < d_p < 500 \text{ \AA}$

d'après l'étude du mécanisme diffusionnel, et en première approximation, on peut dire qu'on est dans le domaine de KNUDSEN si les pores ont moins de  $100 \text{ \AA}$  de diamètre et cette variation linéaire s'explique par le fait que l'accès aux sites préférentiels se fait par un mécanisme de diffusion lent. la seconde partie de la courbe montre qu'on est dans le domaine ordinaire quand les pores ont plus de  $100 \text{ \AA}$  de diamètre, donc notre charbon renferme des pores non homogène et qu'il n'ya pas de macropores.

la plus ou moins grande diffusion superficielle du soluté a influencer la spécificité d'adsorption des trois composés. la diffusion du phénol vers les particules solides est plus rapide par rapport au benzène, ceci s'explique par la présence du radical hydroxyle favorisant cette diffusion et la polarité de la surface de notre (adsorbant), mais malgré la polarité du phénol, son adsorption est moins rapide que le cyclohexanol qui ne renferme pas de cycle aromatique défavorisant la diffusion.

suivant le diamètre des pores, les molécules peuvent pénétrer plus ou moins facilement à cause de leur constitution chimique si on considère que le diamètre des pores n'influe pas l'adsorption, nous nous affrontons donc à deux points.

- structure de la molécule.
- l'affinité pour le solide et le solvant.

la faible adsorption du benzène revient au peu de macropores existants au sein du charbon actif et cette part d'adsorption est due aux atomes de carbone, tandis que l'adsorption spécifique du cyclohexanol et du phénol est en plus due aux sites actifs et principalement aux fonctions chimiques superficiels du solide, leur structure chimique. pour la vitesse d'adsorption, l'allure des courbes nous permis de dire que l'adsorption est d'autant plus intense que la concentration du sol adsorbable augmente. le cyclohexanol de solubilité plus faible par rapport au phénol, qui va s'adsorber plus vite, on peut interpréter ce phénomène en remarquant que la solubilité d'un corps diminue lorsque la masse moléculaire augmente. quand la masse moléculaire augmente, l'affinité pour le solvant (eau) diminue et celle pour le solide (charbon actif) doit augmenter. le benzène s'adsorbe en troisième position, car il n'a pas d'affinité pour le solide, qui vient en premier par rapport à l'affinité pour le solvant et son noyau aromatique défavorisant sa diffusion. le phénol qui c'est montré l'un des polluants les plus importants et par sa structure renferme une partie hydrocarbonée (aromatique) et un groupement fonctionnel acide sera adsorbé en seconde position par rapport au cyclohexanol, et si on diminue sa solubilité dans le solvant utilisé par addition d'un électrolyte, son adsorption se trouve plus intense et son taux d'élimination augmente.

l'étude du comportement de la couche adsorbée par application de l'équation de GIBBS pour ce système, nous a permis d'avoir une idée sur la disposition des molécules à la surface du solide. les aires moléculaires trouvées sont presque identiques à celles rencontrées dans les films sur l'eau.

Enfin cette étude nous a permis aussi de présenter le mode d'adsorption du phénol, mode décrit par adsorption verticale (par groupement OH). La vitesse d'adsorption du cyclohexanol par rapport au phénol et au benzène en est l'affirmation.

## == CONCLUSION ==

L'adsorption d'un soluté est compliqué par l'adsorption simultanée du solvant, de plus il est difficile d'obtenir avec certitude certaines relations intéressantes, même lorsqu'il s'agit d'une propriété simple, parfaitement définie et aisément mesurable ou repérable. Une relation immédiate avec la constitution chimique n'est pas toujours possible.

Les difficultés que l'on rencontre dans la recherche de corrélations augmentent avec la complexité du phénomène considéré. Le soluté utilisé doit satisfaire à certains conditions:

- Etre assez polaire, pour avoir une bonne affinité pour les solides polaires.
- Posséder des propriétés hydrophobes pour faciliter son adsorption sur des solides non polaires.
- Avoir des molécules de petite taille pouvant s'adsorber verticalement.
- Etre facile à analyser.
- Il convient dans une expérience d'adsorption de ne pas choisir des molécules qui soient susceptibles de réagir avec le solide, ou du moins de ne fixer que sur certains sites superficiels dits actifs.

Le domaine de la chimie des surfaces revêt de l'importance car tout corps liquide ou solide interagit avec le milieu ambiant à travers la surface qui le délimite. La forte utilisation des détergents a entraîné une augmentation de la pollution des eaux de rivières. Nous proposons de poursuivre cette étude par utilisations de détergents biodégradables à structure en chaîne non ramifiée facilement destructibles par les micro-organismes, d'étudier d'une manière plus détaillée, l'application de la méthode tensiométrique aux substances qui présentent une activité interfaciale ayant une grande importance dans l'industrie (détergents, mouillants, agents de flottation, etc...).

# ISOTHERMES D'ADSORPTION A $T=25^{\circ}\text{C}$

Tableau N°1

Masse du Charbon (g)	Benzène		Phénol		Cyclohexanol	
	C (mmol/l)	q (mmol/g)	C (mmol/l)	q (mmol/g)	10x C (mmol/l)	q (mmol/g)
5,00	0,0004	0,1280	0,0015	0,1062	0,0020	0,0998
3,00	0,0006	0,2134	0,0020	0,1770	0,00390	0,1664
2,50	0,0009	0,2560	0,0052	0,2123	0,0048	0,1937
1,50	0,0010	0,4267	0,0200	0,3529	0,0049	0,2496
0,60	0,0030	1,0664	0,0274	0,8809	0,0058	0,3328
0,30	0,0055	2,1319	0,0750	1,7460	0,0100	0,8320
0,25	0,0080	2,5573	0,0953	2,0870	0,0380	1,6639
0,15	0,2849	4,0775	0,2000	3,4086	0,0390	1,9952
0,10	0,5900	5,8112	0,3448	4,9681	0,2530	3,3111
0,07	1,4048	7,1377	1,0345	6,1120	0,3865	4,9534
0,06	1,5627	8,0642	1,2946	6,6972	0,5230	7,0567
0,05	1,8139	9,1748	1,3789	7,8680	0,6840	8,206
0,04	—	—	1,7107	9,0055	0,8120	9,8246

Kinétique Et Diffusion à  $T=25^{\circ}\text{C}$  Et  $C_0 = 0,53 \text{ mmol/l}$

Tableau N° 2

temps (s)	Benzène			Phénol		
	$C_t$ (mmol/l)	$-\lg C$	$q$ (mmol/g)	$C_t$ (mmol/l)	$-\lg C$	$q$ (mmol/g)
0	0,5275	3,2778	0,0004	0,4050	3,3925	0,0191
25	0,5173	3,2862	0,0019	0,3925	3,4062	0,0210
75	0,5105	3,2920	0,0030	0,3875	3,4117	0,0218
125	0,5050	3,2967	0,0038	0,3800	3,4202	0,0229
175	0,5000	3,3010	0,0046	0,3660	3,4365	0,0251
250	0,4825	3,3165	0,0073	0,3495	3,4565	0,0276
375	0,4400	3,3565	0,0138	0,3180	3,4976	0,0324
500	0,4235	3,3731	0,0163	0,3050	3,5157	0,0344
750	0,4050	3,3926	0,0191	0,2480	3,6055	0,0431
1000	0,3620	3,4413	0,0257	0,2195	3,6585	0,0475
1050	0,3452	3,4619	0,0283	0,2176	3,6623	0,0478
1250	0,3379	3,4712	0,0294	0,1675	3,7789	0,0555
1500	0,3158	3,5006	0,0328	0,1350	3,8697	0,0604
2000	0,2880	3,5406	0,0370	0,1050	3,9788	0,0650
2250	0,2669	3,5736	0,0403	0,0925	4,0338	0,0669
2500	0,2310	3,636	0,0457	0,0904	4,0438	0,0673
2750	0,2025	3,6936	0,0501	0,0648	4,1884	0,0712
3250	0,2000	3,6989	0,0505	0,0509	4,2933	0,0733
3750	0,2000	3,6989	0,0505	0,0503	4,2984	0,0734

Cinétique Et Vitesse D'adsorption  
à  $T = 25^{\circ}\text{C}$  et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l}$

Tableau N° 3

temps (s)	Benzène		Phénol		Cyclohexanol		$t^{1/2}$ (s <sup>1/2</sup> )
	C (mmol/l)	q (mmol/g)	C (mmol/l)	q (mmol/g)	C (mmol/l)	q (mmol/g)	
0	0,7700	0,0041	0,5656	0,0354	0,4247	0,0569	0,00
25	0,7625	0,0053	0,5168	0,0429	0,4105	0,0591	5,00
75	0,7505	0,0071	0,4395	0,0547	0,4055	0,0599	8,66
125	0,7145	0,0126	0,4150	0,0584	0,3576	0,0672	11,18
175	0,6951	0,0156	0,3854	0,0629	0,3348	0,0707	13,23
250	0,6712	0,0192	0,3800	0,0638	0,3275	0,0718	15,81
375	0,6658	0,0201	0,3500	0,0684	0,3106	0,0744	19,36
500	0,5594	0,0363	0,3148	0,0738	0,2850	0,0783	22,36
750	0,5329	0,0404	0,2853	0,0783	0,1805	0,0945	27,39
1000	0,4945	0,0463	0,2200	0,0883	0,1696	0,0960	31,62
1050	0,4605	0,0514	0,1875	0,0932	0,1485	0,0992	32,40
1250	0,4174	0,0581	0,1507	0,0989	0,1106	0,1050	35,36
1500	0,3425	0,0695	0,1375	0,1009	0,1050	0,1059	38,73
2000	0,2355	0,0859	0,1062	0,1057	0,1075	0,1055	44,72
2250	0,2260	0,0873	0,0805	0,1096	0,0708	0,1111	47,43
2500	0,2125	0,0894	0,0780	0,1099	0,0466	0,1148	50,00
2750	0,1650	0,0967	0,0640	0,1121	0,0354	0,1165	52,40
3250	0,1600	0,0974	0,0600	0,1127	0,0240	0,1530	57,01

Cinétique Et Intensité D'adsorption à  $T = 25^{\circ}\text{C}$   
 et  $C_0 = 1,06 \text{ mmol/l}$ .

Tableau N° 4

temps (s)	Benzène		Phénol		Cyclohexanol		$t^{1/2} (\text{s}^{1/2})$
	$C_t (\text{mmol/l})$	$q (\text{mmol/g})$	$C_t (\text{mmol/l})$	$q (\text{mmol/g})$	$C_t (\text{mmol/l})$	$q (\text{mmol/g})$	
0	1,0415	0,0028	0,9050	0,0237	0,7780	0,0431	0,00
25	1,0293	0,0047	0,8625	0,0302	0,7248	0,0512	5,00
75	1,0152	0,0068	0,8346	0,0345	0,6753	0,0589	8,66
125	1,0120	0,0073	0,8195	0,0368	0,6600	0,0612	11,18
175	0,9856	0,0114	0,8106	0,0382	0,6050	0,0696	13,23
250	0,9439	0,0178	0,7460	0,0482	0,5469	0,0785	15,81
375	0,9200	0,0214	0,7282	0,0508	0,5288	0,0813	19,36
500	0,9050	0,0237	0,6789	0,0583	0,5050	0,0849	22,36
750	0,9050	0,0237	0,6500	0,0627	0,4528	0,0929	27,39
1000	0,8659	0,0297	0,5535	0,0775	0,3236	0,1127	31,62
1050	0,7636	0,0453	0,5349	0,0803	0,1868	0,1336	32,40
1250	0,7505	0,0474	0,4900	0,0872	0,1600	0,1377	35,36
1500	0,7420	0,0486	0,4247	0,0972	0,1507	0,1391	38,73
2000	0,6354	0,0649	0,3050	0,1155	0,1006	0,1468	44,72
2250	0,6018	0,0701	0,2805	0,1193	0,0865	0,1489	47,43
2500	0,5945	0,0712	0,2236	0,1280	0,0749	0,1507	50,00
2750	0,5788	0,0736	0,1443	0,1401	0,0454	0,1552	52,40
3250	0,5150	0,0834	0,1202	0,1438	0,0261	0,1582	57,01
3750	0,5048	0,0849	0,0951	0,1476	0,0154	0,1598	61,23

Cinétique Et Diffusion à  $T = 25^{\circ}\text{C}$   
 et  $C_0 = 1,59 \text{ mmol/l}$ .

Tableau N° 5

temps (s)	Benzène			Phénol		
	$C(\text{mmol/l})$	$- \lg C$	$q(\text{mmol/g})$	$C(\text{mmol/l})$	$- \lg C$	$q(\text{mmol/g})$
0	1,5900	2,7986	0,0000	1,4785	2,8302	0,0171
25	1,5568	2,8078	0,0051	1,3620	2,8658	0,0349
75	1,5149	2,8196	0,0115	1,2978	2,8868	0,0447
125	1,4936	2,8258	0,0147	1,2706	2,8960	0,0479
175	1,4460	2,8398	0,0220	1,1046	2,9568	0,0743
250	1,3853	2,8515	0,0313	1,0735	2,9692	0,0790
375	1,3678	2,8640	0,0339	1,0293	2,9875	0,0858
500	1,2300	2,9101	0,0551	0,9298	3,0316	0,1010
750	1,0580	2,9755	0,0814	0,8115	3,0907	0,1191
1000	0,9968	3,0014	0,0907	0,7269	3,1385	0,1321
1050	0,8545	3,0683	0,1125	0,5090	3,2933	0,1654
1250	0,8380	3,0788	0,1151	0,5034	3,2981	0,1662
1500	0,7850	3,1051	0,1232	0,4600	3,3372	0,1729
2000	0,5678	3,2458	0,1564	0,4080	3,3893	0,1808
2250	0,5439	3,2645	0,1601	0,3826	3,4173	0,1847
2500	0,5052	3,2965	0,1659	0,3780	3,4260	0,1859
2750	0,4198	3,3769	0,1790	0,3464	3,4604	0,1903
3250	0,3728	3,4289	0,1863	0,3182	3,4973	0,1946
3750	0,3000	3,5229	0,1974	0,2613	3,5829	0,2033

Cinétique à  $T = 25^{\circ}\text{C}$   
 $E_t \quad C_0 = 2,0 \text{ mmol/l}$

Tableau N°6

t (s)	Benzine		phénol		cyclohexanol	
	$C_t$ (mmol/l)	q (mmol/g)	$C_t$ (mmol/l)	q (mmol/g)	$C_t$ (mmol/l)	q (mmol/g)
0	1,9850	0,0023	1,6148	0,0583	1,5168	0,0739
25	1,8906	0,0167	1,5596	0,0683	1,4605	0,0825
75	1,8836	0,0179	1,5000	0,0765	1,3498	0,0995
125	1,8248	0,0268	1,4260	0,0878	1,2504	0,1147
175	1,7815	0,0334	1,3508	0,0993	1,2500	0,1147
250	1,6300	0,0566	1,3510	0,0994	1,1965	0,1229
375	1,6139	0,0591	1,2138	0,1203	1,1318	0,1328
500	1,4350	0,0864	1,1169	0,1351	1,0060	0,1521
750	1,3167	0,1045	1,0850	0,1399	0,9389	0,1623
1000	1,2240	0,1187	1,0278	0,1487	0,8200	0,1805
1050	1,0467	0,1463	0,8500	0,1759	0,6505	0,2065
1250	0,9105	0,1667	0,6885	0,2006	0,5128	0,2275
1500	0,8234	0,1800	0,5349	0,2242	0,3464	0,2530
2000	0,7659	0,1888	0,4200	0,2417	0,3039	0,2595
2250	0,7300	0,1943	0,3616	0,2507	0,2956	0,2608

Concentration Superficielle Par la Méthode  
de L'étrier à  $T = 19^\circ\text{C}$

et  $C_0 = 0,7969 \text{ mmol/l.}$

$$\Gamma = - \frac{C}{RT} \left( \frac{ds}{dc} \right)$$

$$R = 8,31 \cdot 10^7 \text{ ergs / } ^\circ\text{K. mole}$$

$$T = 292^\circ\text{K.}$$

Tableau N°7

tempo(s)						
	C (mmol/l)	$10^{10} \Gamma$ (mol/cm <sup>2</sup> )	C (mmol/l)	$10^{10} \Gamma$ (mol/cm <sup>2</sup> )	C (mmol/l)	$10^{10} \Gamma$ (mol/cm <sup>2</sup> )
0	0,5168	4,50	0,5860	5,46	0,6822	6,91
25	0,4955	4,31	0,5739	5,34	0,6812	6,90
75	0,4949	4,31	0,5700	5,31	0,6802	6,89
125	0,4945	4,30	0,5678	5,29	0,6792	6,88
175	0,4775	4,16	0,5650	5,26	0,6762	6,85
250	0,4717	4,11	0,5368	5,00	0,6565	6,65
375	0,4159	3,62	0,4695	4,37	0,6367	6,45
500	0,3885	3,39	0,4348	4,05	0,6318	6,40
730	0,3809	3,32	0,3800	3,54	0,6020	6,20
1000	0,3613	3,15	0,3625	3,38	0,5429	5,50
1060	0,3315	2,86	0,3159	2,94	0,5084	5,15
1250	0,2099	1,83	0,2872	2,68	0,4640	4,70
1500	0,1973	1,72	0,2800	2,61	0,4047	4,10

- BIBLIOGRAPHIE -

1. Winnacher- G.chimique.Ed.Eyrolles.1963.
2. Smith- Chemical Engng.Kinetics.3<sup>e</sup>Edition.GrawHill.1981.
3. Guy Emschwiller-Chimie physique II.2e Edition.1961.
4. M.R.Papin-Ing.Epci.Information chimie N°128.Mars.1973.
5. W.W.Eckenfelder-Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. techniques et documentation.1982.
6. S.E.Chitour-Chimie des surfaces.introduction à la catalyse.2édition. 1981.
- 7.Greeg.S-Adsorption,surface area and porosity.Academic press.1967.
8. S.Kesraoui-Influence de l'agitation sur la cinétique d'adsorption.ENPA.Juin 1983.
9. M. Boucenna-Préparation et caractérisation du charbon actif ENPA. Juin 1982.
10. R.Papin-Technique de l'ingenieur II.J.2730,J.2732,J.2734.
11. R.Blin,Gohin,Pouleng-Inf chimie N°109.Juin1972.
12. Shinji Nagata-Mixing principals and applications.L.T.D.1975.
14. R.Leyva.Ramos and Geankoplis-Chem-engng sci.1985.Vol,40.N°5.
15. H.Debellefontaine,C.Bonneau et J. Besombes. -Journal de chimie physique.1982.Vol 79.N°5.
16. Thomas W.Weber.-The Canadian journal of chem.engng.Vol,56.1978.
17. Furusawat and Smith.J.M.-Int et engng.chem.fund.Vol,12.1973.
18. Roberts,J.Caserio M.-chimie organique moderne.Inter-Ed.1977.
19. A.M.Bernard,J.C.Maire.-Manipulations de chimie physique.Dunod.1977.
20. Labo,Editions delta et Spes.S.A.CH.1026.Senges.1984.
21. J.S.ZOGORSKI,S.D.Faust et J.H.Hoas.-The kinetics of adsorption of phénol by granuler activeted carbon.Journal of coll and inter ser Vol,55(2).pp,323-341.1976.
22. A.M.Schwartz,J.W.Perry.-Chimie et technologie des agents tensio-actifs.Dunod.1955.
23. J.Loiseleur.-Techniques de laboratoires.tome,1.Fascicule,2.Ed-Masson et C<sup>ie</sup>.1963.

