

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE CHIMIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE
L'ACTION ANTIMOUSSE
D'HYDROCARBURES PARAFFINIQUES

Proposé par :

Mr T.AHMED-ZAID

Etudié par :

I.MOUSSAOUI

Dirigé par :

Mr T.AHMED-ZAID

PROMOTION :

JANVIER 1988

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE CHIMIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE
L'ACTION ANTIMOUSSE
D'HYDROCARBURES PARAFFINIQUES

Proposé par :

Mr T.AHMED-ZAID

Etudié par :

I.MOUSSAOUI

Dirigé par :

Mr T.AHMED-ZAID

PROMOTION :

JANVIER 1988

— D E D I C A C E S —

Je dédie ce modeste travail :

- A mes parents
- A mes frères et soeurs
- A tous ceux qui me sont chers

- ISLAM -

-o- R E M E R C I E M E N T S -o-
-oooOOOooo-

Au terme de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes très vifs et sincères remerciements à Monsieur AHMED-ZAID, pour avoir daigné diriger ce travail et, pour le précieux concours qu'il m'a continuellement apporté de par ses judicieux et fructueux conseils.

Que Mr.R.BELABBES (Professeur à l'E.N.P) , qui a accepté de présider ce jury, reçoive mes remerciements les plus anticipés.

Qu'il me soit permis de remercier également,

-Melle.N.MESBOUA (Maitre-assistant)

-Mr A.CIESLACK (Maitre-assistant)

-Melle N.ABSI (MAITRE-ASSISTANT)

d'avoir bien voulu faire partie de mon jury.

Enfin, que tous mes amis, trouvent, à travers ces quelques lignes, l'expression de ma profonde gratitude.

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE THEORIQUE

Pages

CHAPITRE I - <u>Généralités sur les dispersions aqueuses</u>	01
I.1 Notions relatives aux interfaces.....	01
I.1.1 - Interfaces	01
I.1.2 - Tensio-actifs et tensio-activité.....	01
I.1.3 - Structure des agents tensio-actifs.....	01
I.1.4 - Classification des agents de surface.....	02
I.2 Les dispersions aqueuses	03
I.2.1 - Définition	03
I.2.2 - Différents types de dispersions	03
CHAPITRE II - <u>Les mousses ou "crémages gazeux"</u>	07
II.1-Définition	07
II.2-Causes de formation des mousses	07
II.2.1 - Quelques applications du moussage	08
II.2.2 - Inconvénients dus à la présence des mousses	09
II.3 - Etude générale des mousses	10
II.3.1 - Introduction	10
II.3.2 - Aspect d'une bulle unitaire	10
II.3.3 - Différents types de mousses	11
II.3.4 - Propriétés particulières des mousses...	12
II.3.5 - Stabilité des mousses	13
II.3.6 - Différentes méthodes utilisées pour la détermination du pouvoir moussant	15
a/ Notion de pouvoir moussant	15
b/ Méthodes empiriques indirectes	16

c/ Méthode rationnelle directe	
d/ Formules mathématiques proposées	18
CHAPITRE III - LES ANTIMOUSSES	20
III.1 - Introduction	20
III.2 - Principe de l'action antimousse	20
III.3 - Différentes formes d'action des antimousses	21
III.4 - Propriétés essentielles des antimousses	21
III.5 - Mécanisme d'action de l'antimousse (Déformation de la double-couche)	23
III.6 - Principales classes d'antimousses	25
III.7 - Détermination du pouvoir antimousse	26
III.8 - Etats et modes d'application des antimousses	27
- Exemples d'application des antimousses	28

PARTIE EXPERIMENTALE

I - BUT	30
II - Produits utilisés	30
II.1 - La poudre à laver "ISIS"	30
II.2 - Hydrocarbures paraffiniques normaux	31
III - Etude expérimentale	31
III.1 - Détermination de la dureté de l'eau	32
III.2 - Mesure du pouvoir moussant d'après la recommandation ISO/R696	32
III.2.1 - Objet de la recommandation	32
III.2.2 - Domaine d'application	32
III.2.3 - Principe	33
III.2.4 - Appareillage et son nettoyage	33
III.2.5 - Préparation d'une solution	35
III.2.6 - Mode opératoire	35
III.2.7 - Expression des résultats et discussion	36
III.3 - Mesure du pouvoir antimousse	39
- Détermination du pouvoir antimousse des n.para- ffines (du n.hexane au n.hexadécane)	39
CHAPITRE IV - CONCLUSIONS	55
- BIBLIOGRAPHIE	

Les phénomènes qui apparaissent aux surfaces de discontinuité jouent dans la nature un rôle considérable.

Les lois de la physico-chimie des surfaces s'appliquent à la matière inerte, mais elles sont également à la base des manifestations de la vie et dominent toute la physiologie.

En envisageant les processus industriels, on peut dire qu'ils sont tous directement ou indirectement sous la dépendance d'actions de surface. Comme exemples, les phénomènes d'adsorption à la surface des liquides qui trouvent application dans l'étude du moussage, et de l'émulsification. L'aptitude à produire des mousses est l'une des propriétés saillantes des agents tensio-actifs.

L'intérêt industriel du pouvoir moussant semble avoir été surestimé car, il a été parfois indentifié à tort avec l'action détergente.

Néanmoins, le pouvoir moussant est d'une très grande importance dans certaines applications telles que la flottation des minerais, les produits extincteurs, certaines préparations cosmétiques, etc.....

Au contraire pour beaucoup d'usages, le moussage constitue un phénomène secondaire et, dans l'action attendue du détergent, il est simplement accessoire; c'est parfois un véritable inconvénient, par exemple, dans les distillations et les évaporations.

Le pouvoir moussant étant très apprécié, son étude a été le sujet de nombreuses recherches industrielles développées tant du point de vue scientifique que du point de vue technique.

Ainsi, dans de nombreux milieux industriels, les techniciens cherchent à éviter ou à contrôler la formation de mousses, parfois même à les éliminer totalement.

Pour vaincre cette tendance au moussage, ils utilisent plusieurs procédés dont l'emploi des agents antimousses.

L'antimousse a le plus souvent la préférence des utilisateurs en raison de sa facilité d'emploi, de sa rapidité d'action, de l'investissement limité qu'il présente et surtout du nombre réduit d'inconvénients qu'implique toujours la variation des conditions physico-chimiques des milieux à traiter.

PARTIE

THEORIQUE

I- NOTIONS RELATIVES AUX INTERFACES :I.1. Phases interfaciales ou interfaces

Pour les chimistes, une surface ou une interface constitue la limite de séparation de deux phases. Tous les effets (émulsification, mouillage, étalement, moussage, déterision...) sont conditionnés par les phénomènes qui interviennent à la frontière des deux phases.

Trois phases ou davantage peuvent avoir seulement une ligne commune et non une surface (8).

Il existe 5 types d'interfaces : solide-gaz; solide-liquide; solide-solide; liquide-gaz; liquide-liquide. Les interfaces solide-solide et solide-gaz ne présentent pas un grand intérêt pour l'étude des agents tensio-actifs.

I.2. Tensio-actifs et tensio-activité

Certains corps dissous possèdent la propriété étonnante de changer, d'une façon très importante, l'énergie superficielle de leurs solvants, même aux concentrations les plus faibles. Il s'agit généralement d'un abaissement plutôt qu'un accroissement de l'énergie superficielle.

De tels corps dissous ont été appelés agents tensio-actifs et leur effet particulier: la tensio-activité.

Dans un sens plus strict, les agents tensio-actifs sont des substances solubles qui modifient notablement les propriétés superficielles d'une solution et les rendent différentes de celles du solvant à l'état pur.

I.3. Structure des agents tensio-actifs

Un grand nombre d'agents tensio-actifs sont caractérisés par une structure moléculaire essentiellement linéaire, c'est à dire considérablement plus grande dans une dimension que dans les autres.

Une des extrémités est constituée par un radical compatible avec les solvants tandis que des radicaux incompatibles occupent l'autre extrémité.

Ainsi, dans chaque molécule de produit tensio-actif; on retrouve une partie lipophile (qui est attirée par les corps gras) le plus souvent constituée par une chaîne hydrocarbonée,

et une partie hydrophile (attirée par l'eau) constituée par un groupe dit solubilisant assurant le caractère de la solubilité de la molécule dans l'eau (6).

C'est cette structure qui provoque l'orientation des molécules aux interfaces solution-air, solution-liquide ou solution-solide et qui détermine les propriétés dites de surface ou tensio-actives tels que le moussage, l'émulsification et autres.

I.4. Classification des agents de surface

Les agents de surface sont classés en 4 groupes distincts en fonction de la charge de l'ion solubilisant en solution aqueuse :

1°/ Les anioniques

Le groupement actif solubilisant possède une charge négative; le plus ancien composé de cette classe est le savon.

Exemple : Stéarate de sodium en solution $C_{17}H_{35}COO^-$, Na^+ .

2°/ Les cationiques

Ils forment un cation contenant la partie de grande dimension et de faible affinité de la molécule.

3°/ Les non ioniques

Ils ne donnent naissance en principe à aucun ion, leurs groupements solubilisants étant des groupes hydroxyles ou éthoxyliques.

4°/ Les amphotères

Ils possèdent au sein de leurs molécules des groupements anioniques et cationiques; donc selon le PH du milieu dans lequel ils se trouvent, ils seront chargés négativement ou positivement.

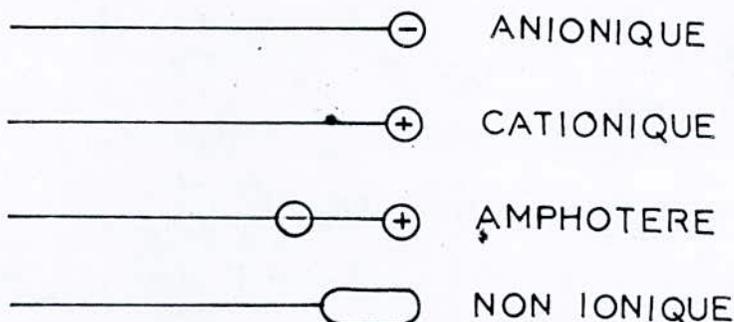


FIG 1 - Représentation graphique des agents de surface

Remarque :

La diminution de la tension interfaciale a moins d'importance pour les applications pratiques des agents tensio-actifs que les phénomènes qui l'accompagnent, il s'agit du mouillage, de l'effet émulsionnant, de l'effet moussant, de l'effet détersif et de nettoyage.

Les relations entre l'activité interfaciale et les différentes propriétés touchant à l'application industrielle n'ont pu être complètement élucidées jusqu'ici.

Les propriétés sont fonctions de certaines caractéristiques relatives à la structure du corps surfactant telles que la longueur, le genre, le nombre et l'emplacement du groupement hydrophile.

II- LES DISPERSIONS AQUEUSES :

Les phénomènes de dispersion en général, sont très importants du point de vue technique au système aqueux aussi bien qu'au système non aqueux; dans les deux cas, les phénomènes essentiels, comme le rôle joué par les agents tensio-actifs, sont probablement similaires.

Les peintures à l'eau, les boues de forage, les encres ordinaires, les suspensions de savons calcaires dans le bain de traitement des textiles, etc... sont des exemples importants de dispersions aqueuses.

L'examen microscopique permet de reconnaître immédiatement l'état et le degré d'une dispersion; on peut aussi effectuer des mesures de vitesse de sédimentation, de filtration sur des filtres de porosité graduée et par divers autres moyens.

II.1. Définition

Une dispersion est un mélange hétérogène mais intime de deux ou plusieurs phases non miscibles, qu'elles soient liquides, solides ou gazeuses.

Une dispersion est dite aqueuse si l'une des phases en présence est de l'eau.

II.2. Différents types de dispersion

On distingue plusieurs types, constituées de deux ou trois phases :

1 - Dispersion solide-liquide ou suspension

Les dispersions de matières solides en milieu liquide peuvent varier de grosses particules en suspension à la suspension des molécules entrant en solution.

On peut rencontrer des dispersions de grosses particules (macromoléculaires) aussi bien que des dispersions de fines particules (microcristallines).

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de ces dispersions:

Dispersion	Grosseur des particules	Aspect
Laitieuse	0,1 à 10 microns	opaque
Colloïdale	0,001 à 0,1 micron	translucide
Limpide	inférieure à 0,001 micron	transparente

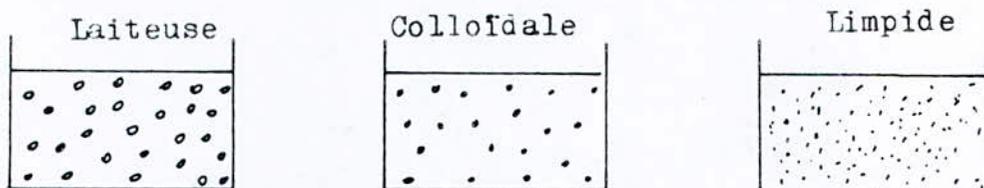


Fig.2 - Aspect de ces exemples de dispersion

Les méthodes employées pour préparer les suspensions sont de différents types (physiques ou chimiques), soit par formation de la phase solide à partir de la dispersion de deux phases liquides par refroidissement (ex: dispersion de paraffine dans l'eau), soit par un mélange de deux solutions ou de produits susceptibles de former un précipité (sels minéraux, colorants), soit encore par la polymérisation d'un monomère soluble.

Il faut noter que la stabilité de la majorité des dispersions préparées par voie chimique est souvent très faible, et il est possible par simple dilution de provoquer leur rupture.

2- Dispersion liquide-liquide ou émulsion

C'est une suspension de particules liquides au sein d'une autre phase liquide non miscible; la phase dispersée ou en suspension est à l'état de particules dont les dimensions peuvent varier entre des limites très écartées.

En pratique, dans la plupart des émulsions, l'une des phases liquides est aqueuse et la seconde phase n'a évidemment qu'une solubilité limitée dans l'eau. Suivant la nature de la phase dispersée (eau ou huile), on distingue deux formes:

- a-Émulsion huileuse où la phase dispersée est l'eau
- b-Émulsion aqueuse où la phase dispersée est l'huile

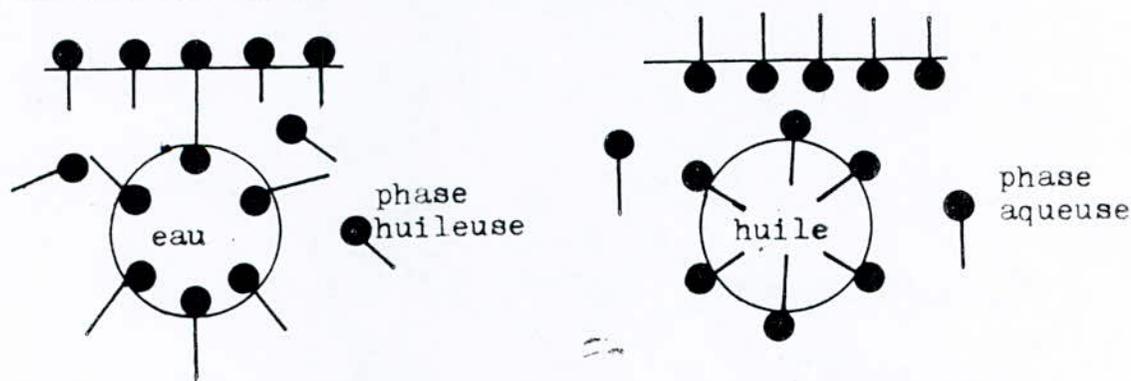


Fig.3- Emulsion huileuse

Emulsion aqueuse

Dans les émulsions huileuses, la partie hydrophobe de la molécule d'émulsifiant se trouve dans la phase dispersante (huile) et, inversement dans l'autre type d'émulsions.

La formation d'une émulsion est étroitement liée à la stabilité; pour en préparer une, il faut agiter, en présence d'un ou plusieurs agents émulsifiants, la phase huileuse et la phase aqueuse mises en contact.

L'efficacité de l'émulsification dépend, entre autres facteurs, du mode d'agitation et de son intensité, et de la manière suivant laquelle l'agent émulsifiant est introduit.

Les émulsifiants, comme tous les composés tensio-actifs, peuvent être utilisés à différentes fins dans les phases liquides (antimousse, mouillant, Etc), et doivent posséder une structure pouvant favoriser au maximum la liaison entre les phases considérées.

Dans certains cas, les agents tensio-actifs sont d'importance secondaire dans la formation de films interfaciaux, mais, pour la plupart des émulsions industrielles, ils constituent l'élément essentiel qui détermine la stabilité, le type et la facilité de formation.

Les émulsions peuvent être rompues avec des procédés physiques (chocs, vibrations, ...) ou chimiques (diminution de l'activité de surface des émulsifiants due, par exemple à l'action des métaux alcalino-terreux, ou l'action d'électrolytes, etc...).

3-Dispersion gaz-liquide ou mousse (voir Chapitre II)

On peut aussi distinguer des dispersions plus complexes comportant trois phases et plus, qui ne sont que des cas particuliers des suspensions, émulsions ou mousses.

- Exemples de dispersions complexes:

a-Dispersion solide-liquide-liquide

Comme dans le travail des métaux (meulage-poteillage-polissage)

b-Dispersion solide-gaz-liquide

-Cas des milieux papetiers (présence de cellulose, d'eau et de l'air)

-Cas des milieux d'attaque des minerais (la flottation)

c-Dispersion à plusieurs phases

Ce sont des systèmes très complexes à deux phases liquides, une ou plusieurs phases solides et de l'air dispersé (ce sont des cas très particuliers des émulsions).

II.1. DEFINITION :

La mousse est une dispersion air-liquide constituée par un ensemble de cellules gazeuses séparées par des lames minces de liquide et, formé par la juxtaposition de bulles que donne un gaz dispersé dans un liquide.

En réalité, on a des bulles de gaz emprisonnées au sein du liquide.

II.2. CAUSES DE FORMATION DES MOUSSES :

La formation de mousses ne semble pas être directement liée à la diminution de la tension superficielle des liquides, mais elle est plus généralement produite lorsque des agents abaisseurs de tension sont introduits au sein des liquides bien que, dans certains cas des agents de faible activité soient capables de produire des mousses abondantes.

En somme, on n'obtient de mousses stables, c'est à dire qui subsistent un temps plus ou moins long, qu'avec les solutions de substances capillairement actives (7).

Mais, il est également vrai que l'on peut obtenir des mousses persistantes avec les solutions de certains sels minéraux dont la tension superficielle est bien supérieure à celle de l'eau pure. Il y a encore d'autres preuves tirées de l'expérience montrant que la tension superficielle n'est nullement le seul facteur déterminant de la formation d'une mousse et de sa stabilité.

Les liquides purs moussent rarement et leurs mousses ne sont jamais stables; elles s'affaissent rapidement.

Les mousses peuvent être obtenues de différentes manières, on a :

a-Les causes physiques

- Agitation énergétique de liquide avec de l'air
- Chute de liquide
- Barbotage d'air ou d'un autre gaz au sein d'un liquide
- Pompage, turbulence,etc.

b-Les causes physico-chimiques

- Nature de l'eau: Alors qu'une eau douce donne par agitation avec une solution de savon une mousse importante et persistante; une eau dure ne mousse dans les mêmes conditions qu'après précipitation de sels de Ca et Mg sous forme de savons insolubles.

-Composition des milieux à traiter

-Présence d'impuretés organiques et leurs concentrations: L'effet spectaculaire des mousses dans certains cours d'eau indique la présence de déchets organiques.

c-Les causes chimiques

Parmi ces causes, on peut citer le développement de gaz et son dégagement à la suite d'une réaction chimique ou biochimique.

Ces gaz peuvent être du CO_2 , H_2S , CH_4 ,.....

Comme exemples, on a les mousses de bière ou des autres boissons gazeuses se formant à la suite du dégagement du gaz dissous.

II.2.1. QUELQUES APPLICATIONS DU MOUSSAGE

I- Une application des plus importantes des mousses se trouve dans la lutte contre les incendies. Pour cet usage, on peut recourir à 2 types de mousses (2).

Dans le premier type, la mousse contient un gaz inerte comme l'anhydride carbonique agissant comme extincteur; dans ce cas, son rôle se limite à véhiculer ce gaz seulement.

Dans le second type, la mousse peut contenir de l'air, mais les parois des cellules des mousses sont en fait des éléments actifs à l'extinction; le rôle de la mousse est d'étendre une nappe d'eau sur une grande surface et de recouvrir la vapeur et les produits de combustion pour étouffer l'incendie.

Les deux types de mousses extinctrices présentent une stabilité exceptionnelle à la rupture mécanique et thermique.

2- Les mousses sont utilisées dans le latex et dans les solutions de caoutchouc pour la fabrication des objets en caoutchouc-mousse, et aussi pour préparer des articles de texture spongieuse à partir d'autres matières plastiques (10). Aussi ajoutées aux adhésifs pour cartonnages, les mousses donnent de meilleures caractéristiques de séchage.

3- Le moussage est utilisé dans tous les cas où il est nécessaire d'obtenir une aire de séparation gaz-liquide élevée.

Exemple: la flottation des minerais (5).

A une boue de minerai finement pulvérisé, on ajoute une substance capable de s'adsorber sur le composé métallique et de le rendre hydrophobe.

En injectant de l'air au sein de cette boue dans un appareil de flottation (fig 4), les particules devenues hydrofuges grâce à la substance ajoutée, se collent aux bulles et montent à la surface où elles sont immobilisées par une écume, tandis que la gangue se dépose au fond.

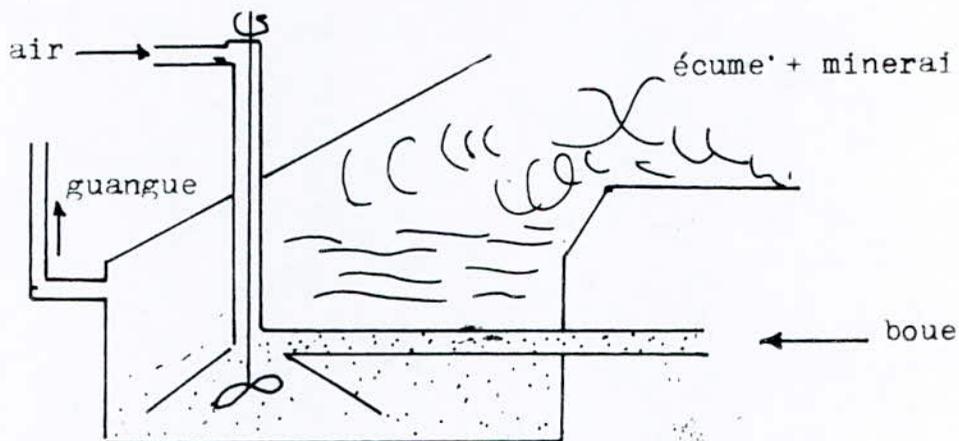


Fig.4 - Appareil de flottation

4- Une application d'ordre scientifique est la séparation par moussage fractionné de corps dissous (7).

La méthode consiste à envoyer un courant d'azote sur un mélange de deux corps; le liquide provenant de la rupture de la mousse sera concentré en un composé, tandis que le liquide restant sera plus concentré en l'autre composé. La couche superficielle s'enrichit toujours davantage en le corps le plus actif. Cette méthode a une grande importance, elle est utilisée à des séparations de protéines ou de colorants.

II.2.2. EXEMPLES D'INCONVENIENTS DUS A LA PRESENCE DES MOUSSES

1- La présence des mousses dans les rejets d'eaux industrielles perturbe le bon fonctionnement des installations de stations d'épuration, et constitue une véritable nuisance pour le milieu environnant puisque leur présence affecte la vie animale et aquatique.

2- Le moussage est très nuisible dans les lubrifiants car il réduit le débit de l'huile alimentant les organes en mouvement d'un moteur et par là, entrave la lubrification (10).

La formation et surtout la persistance de mousse dans des carters de moteur, de compresseur ou de réservoirs à turbines, doit être évitée.

3- Les mousses gênent considérablement dans beaucoup d'opérations techniques telles que la fabrication de colle, de certaines matières colorantes, de peintures, etc.....

II.3. ETUDE GENERALE DES MOUSSES

GIBBS, dans sa théorie thermodynamique, a démontré qu'un produit abaisseur de tension superficielle se trouve à forte concentration à l'interface du solvant et de l'air.

Si la concentration du soluté est infiniment petite, la couche **superficielle** est presque exclusivement composée de molécules du solvant et il ne peut y avoir formation de mousse.

Par ailleurs, si la concentration en soluté est relativement importante, les couches superficielles sont composées presque uniquement des molécules de l'additif et il ne peut y avoir ici non plus une formation considérable de mousse.

Il y en a seulement production dans les cas intermédiaires car le volume de mousse produit est fonction de l'homogénéité d'une part, des couches superficielles, et d'autre part, de la différence de tension qui existe entre la couche superficielle et la solution (3).

Plus cette différence est grande, plus la consistance et la stabilité de la mousse sont importantes par raidissement des interfaces.

Dans les liquides purs, qui ne donnent pas d'état spumant stable la formation de mousse est assez rare; ceci est explicable par la structure même des bulles de liquide constitutives de la mousse; la tension globale d'une lame de liquide pur est constante, dès que son épaisseur est égale ou supérieure à celle des couches superficielles.

II.3.I. ASPECT D'UNE BULLE UNITAIRE GAZEUSE

La cellule unitaire de la mousse est formée de la bulle de gaz qui est emprisonnée entre le film liquide. Elle peut se trouver en surface ou au sein même du liquide.

Les bulles unitaires accolées les unes aux autres, prendront un aspect particulier caractéristique. En examinant cette bulle unitaire, en connaissant la nature du gaz qui contrebalance les tensions du liquide; il est possible d'étudier les phénomènes de formation ou de destruction de la mousse qui obéissent à certaines lois.

A la surface du liquide, un ménisque limite le volume du gaz d'un côté tandis qu'un film liquide, sous forme de calotte sphérique plus ou moins tronquée limite la bulle dans l'environnement immédiat du gaz présent au-dessus de la surface liquide (Fig 5).

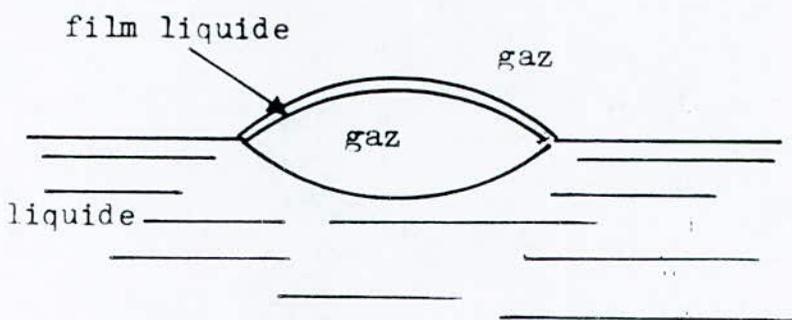


Fig.5 - Mousse de surface (bulle unitaire)

Le film sphérique possède deux parois, l'une interne, l'autre externe, formée chacune par une couche monomoléculaire insérant un film liquide plus ou moins épais dont l'importance n'est pas négligeable.

La stabilité des spumations dépendra, en fait de la résistance de ces deux parois (l'épaisseur du film est généralement de 2 à 50 μ) et elle est maximale pour une valeur proche de 5 μ .

III.3.2. TYPES DE MOUSSES

On distingue deux sortes de mousses :

a - Mousse occluse ou sphérique

Dans ce cas, il n'y a qu'une seule surface tendue et l'on peut comparer la bulle unitaire à une goutte, comme par exemple, la présence d'une goutte d'huile dans l'eau dispersée au sein d'une émulsion.

Les pressions interne, et externe étant identiques, et en ne considérant pas la pression hydrostatique, le système est en équilibre.

b - Mousse superficielle ou polyédrique

Elle peut être considérée comme le résultat de l'écoulement d'un liquide à travers une mousse sphérique.

La mousse polyédrique est formée de cellules de gaz séparées les unes des autres par de fines lamelles liquides.

En examinant la structure propre des deux types de mousses et en représentant les interfaces gaz-liquide, (Fig 6), on remarque la formation de la double couche de GIBBS dans la mousse polyédrique.

Cette double couche est toujours présente dans les lamelles séparant les cellules gazeuses à l'intérieur de la mousse et sa constitution influe d'une façon importante sur la stabilité de la dispersion. L'épaisseur de la lamelle varie entre 100 et 1000 Å.

En effet, tant que le film liquide présent entre les 2 bulles de gaz ne peut être détruit, on ne constatera pas l'augmentation des volumes des bulles unitaires par agglomération.

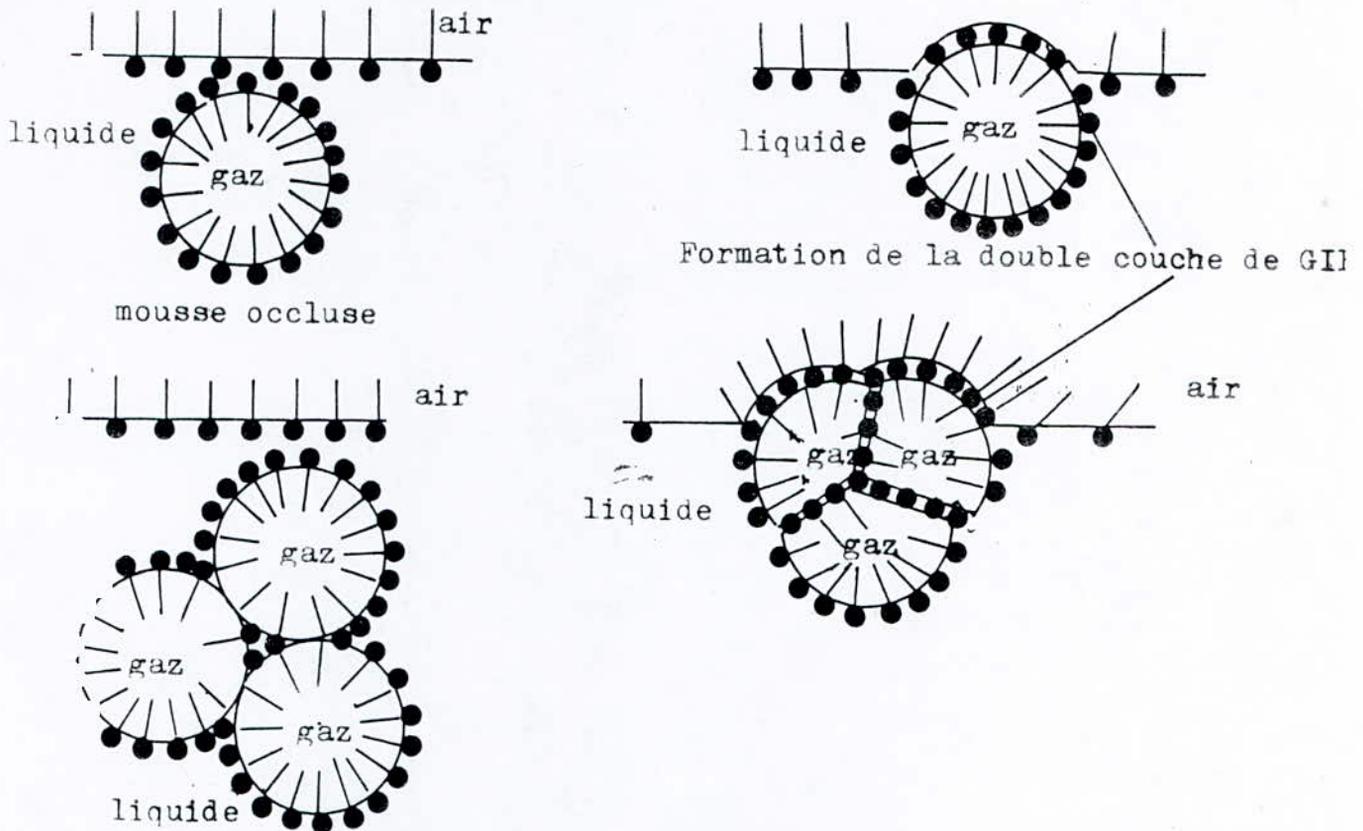


Fig.6 - Mousse sphérique et polyédrique

II.3.3. PROPRIETAIRES PARTICULIERES DES MOUSSES

Dans l'étude générale des caractéristiques d'une solution moussante, on peut distinguer les paramètres suivants (2):

I - Dimensions des bulles

Dans des conditions comparables de préparation, les dimensions des bulles constituant une mousse sont très variables; elles dépendent en premier lieu du mode d'obtention de la mousse et aussi de la composition du liquide lui-même.

Certains agents tensio-actifs sont signalés donnant des émulsion crémeuses à très fines bulles, tandis que d'autres, donnent des mousses perlées à grosses bulles.

2 - Densité de la mousse

Elle est appelée le plus souvent "rapport de liquide au gaz".

Les mousses sont souvent dites sèches ou humides suivant le rapport du liquide au gaz, les films constituant les mousses sèches sont les plus minces, tandis qu'une mousse humide stable se dessèchera par écoulement du liquide.

3 - Volume

Généralement, on mesure le volume de la mousse suivant la hauteur. Le volume dépend de la nature, de la composition du liquide, de la température et d'autres paramètres.

4 - Ecoulement

L'écoulement est le rapport de la quantité finale à la quantité initiale de liquide dans la mousse. Il est surtout fonction de la viscosité qui favorise ou défavorise la migration rapide des molécules.

5 - Facilité d'apparition

Ce facteur est lié au mode d'agitation, nature du liquide, etc....

Remarque :

Toutes ces propriétés sont mesurables et ne sont pas nécessairement en liaison directe les unes avec les autres.

II.3.4. STABILITE DES MOUSSES

Comme on l'a déjà remarqué dans la structure schématique de la mousse, l'influence de la constitution de la double-couche de GIBBS est très grande sur la stabilité de la dispersion. Il importe surtout qu'elle ait une bonne homogénéité.

Dans un film liquide, les molécules d'agents moussants sont orientées et concentrées entre les deux surfaces (Fig 7).

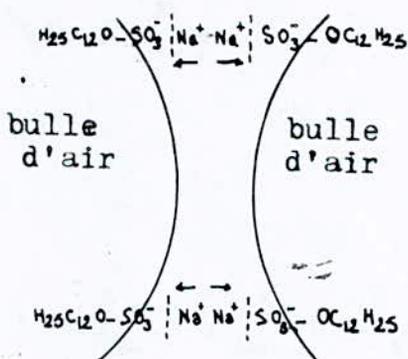


Fig.7- Disposition des molécules d'agent moussant

Parmi les raisons principales d'équilibre de ce film liquide, on peut citer :

- La répulsion électrique des deux surfaces chargées par les groupements ionisés de l'agent moussant empêche l'amincissement du film.
- Les liaisons hydrogènes que l'eau forme avec différentes substances et, qui lient d'autre part, toutes les molécules de liquide entre elles, favorisent la stabilisation des lamelles.

c - La viscosité du milieu liquide.

d - La plasticité extraordinaire des films liquides ainsi que leur élasticité diminuent énormément les causes de rupture, provenant des phénomènes extérieurs.

Toutes ces forces s'opposant à l'effondrement des mousses, dépendent des propriétés caractérisant les couches superficielles des solutions d'agents de surface, et qui se rencontrent dans les deux surfaces de contact des lamelles et du gaz qu'elles emprisonnent.

- Formule de GIBBS

La théorie de l'élasticité de GIBBS est basée sur la tension superficielle; elle est donnée par l'équation suivante :

$$E = 2 A \left(\frac{\delta \gamma}{\delta T} \right) T N_1 N_2$$

A = surface d'une molécule

T = température

γ = tension superficielle

E = élasticité

$\left. \begin{matrix} N_1 \\ N_2 \end{matrix} \right\} = \text{composants du film}$

L'élasticité d'un film peut être considérée comme étant la mesure de son aptitude à ajuster sa tension de surface, quand celui-ci est soumis à des contraintes extérieures.

- Facteurs de la stabilité des mousses

- Pour l'obtention des mousses, il faut nécessairement la présence de corps capillairement actifs dans les milieux à traiter; en plus, il faut qu'il y ait la formation de laminas. Les laminas étant des systèmes de films monomoléculaires séparés par une quantité plus au moins grande de solution.

- La stabilité dépend largement de l'état des films formés, ces films doivent présenter certaines caractéristiques comme une certaine rigidité.

Ainsi il est nécessaire que les molécules de l'agent moussant présent soient orientées perpendiculairement à la surface même du liquide.

Si dans un agent de surface se trouvent des groupements hydrophiles latéraux par rapport à la chaîne hydrophile, on assiste à une orientation oblique des molécules tensio-actives par rapport à la surface du liquide, et par là même on tend

à diminuer la formation et la stabilisation des mousses. Ces films doivent en outre, posséder une élasticité (élasticité de GIBBS) leur permettant de résister aux secousses mécaniques ou thermiques sans s'affaisser, ni se briser (7).

- La nature de la phase gazeuse emprisonnée au sein du liquide a une grande importance sur la formation et la stabilisation de la mousse.
- Le liquide doit posséder une faible tension de vapeur pour permettre une bonne stabilité de la mousse; l'évaporation des films interfaciaux tend à provoquer leur destruction. Ainsi pour conserver longtemps des mousses, on les place dans un espace clos ou on leur ajoute des corps hygroscopiques (glycérine.....), qui font augmenter la viscosité de la solution qui favorise la stabilité.
- Certains électrolytes peuvent avoir une action favorable sur la mousse; les ions peuvent favoriser la stabilité de la mousse en provoquant une meilleure dispersion de la phase gazeuse.
- La présence de substances solides finement pulvérisées est aussi de nature à augmenter la stabilité; des particules solides non poreuses favorisent la stabilité en évitant que les bulles ne se regroupent.
- La température est un facteur favorisant en général, la formation de mousse et sa stabilité(17).

II.3.5. DIFFERENTES METHODES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DU POUVOIR MOUSSANT

a/ Notion de pouvoir moussant

La tension superficielle d'un liquide s'oppose à la formation d'un film et ainsi à la formation des lamelles de mousse, si bien que seule la diminution de la tension superficielle, à l'aide de substances à pouvoir interfacial, permet la formation de mousse.

Il n'y a toutefois pas de relation directe entre la diminution de la tension superficielle et l'importance du moussage.

Il n'y a pas non plus de relation certaine entre le pouvoir moussant et les autres propriétés de surface (mouillage, détergence).

Le pouvoir moussant étant le degré d'aptitude qu'ont certaines substances tensio-actives à former la mousse.

On peut aussi bien parler de l'efficacité d'un agent moussant, qui s'apprécie dans tous les cas en déterminant le volume et la stabilité obtenue à partir d'un volume donné d'une solution. Dans l'étude des mousses, la réalisation d'un appareil susceptible de donner des résultats reproductibles est d'une importance capitale.

b/ Méthodes empiriques directes (II)

Il suffit le plus souvent de mesurer un volume de mousse et sa durée de vie, dans des conditions opératoires identiques de quantités mesurées et égales, de différentes solutions.

b-1 - Appareils à agitation

Afin de mieux définir les conditions, l'agitation est obtenue au moyen d'un plateau perforé : râble (I), plongeant dans le liquide et mû de haut en bas, soit à la main, soit par un moyen mécanique. (voir Fig.8).

Le récipient peut être simplement cylindrique ou être évasé dans sa partie supérieure (2), il peut être muni d'une jackette thermostatique.

La solution soumise à l'agitation est contenue dans la partie rétrécie inférieure (3), alors que la mousse s'accumule dans la partie supérieure évasée et graduée en hauteur.

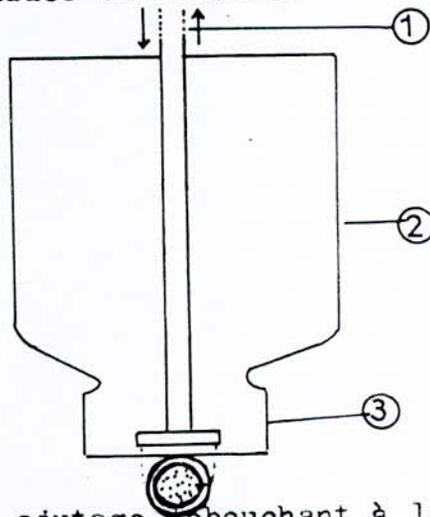


Fig.8-Appareil à agitation

b-2 - Appareil à barbotage

L'air est insufflé, soit par un ajutage débouchant à la partie inférieure d'un tube qui referme la solution, soit à travers le fond poreux (fond du tube constitué par un filtre en verre fritté).

Il y a lieu de signaler que, dans ces appareils, le maintien du débit d'air ou d'un autre gaz est primordial pour la réussite des expériences.

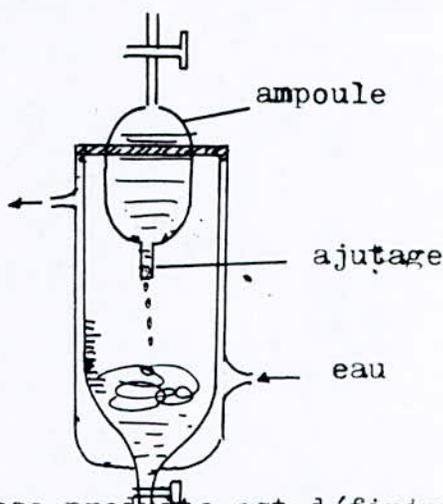
b-3 - Appareil de ROSS et MILLS

ROSS et MILLS ont décrit (II) un mossemètre d'un type très perfectionné et bien adapté au travail scientifique ou technique ; il se compose essentiellement d'un cylindre mesureur, muni d'une jackette avec double enveloppe, dans lequel on introduit un certain volume de la solution à étudier.

La mousse s'obtient en faisant couler, sous forme d'un filet mince et d'une hauteur déterminée (90cm) une autre partie de la solution à travers un orifice calibré (Fig. 9).

La température est maintenue constante par une circulation d'eau dans la jackette.

Fig. 9. Appareil de Ross et Mills



La stabilité de la mousse produite est définie par des mesures à des temps déterminés ; les hauteurs de mousse avec ce dispositif sont remarquablement reproductibles et cette méthode est généralement adaptée comme méthode standard par différentes associations.

Enfin, l'inconvénient c'est que l'appareillage est encombrant et très fragile ; en outre, cette méthode ne donne pas de renseignements utiles sur la structure des mousses.

c/ Méthode rationnelle directe

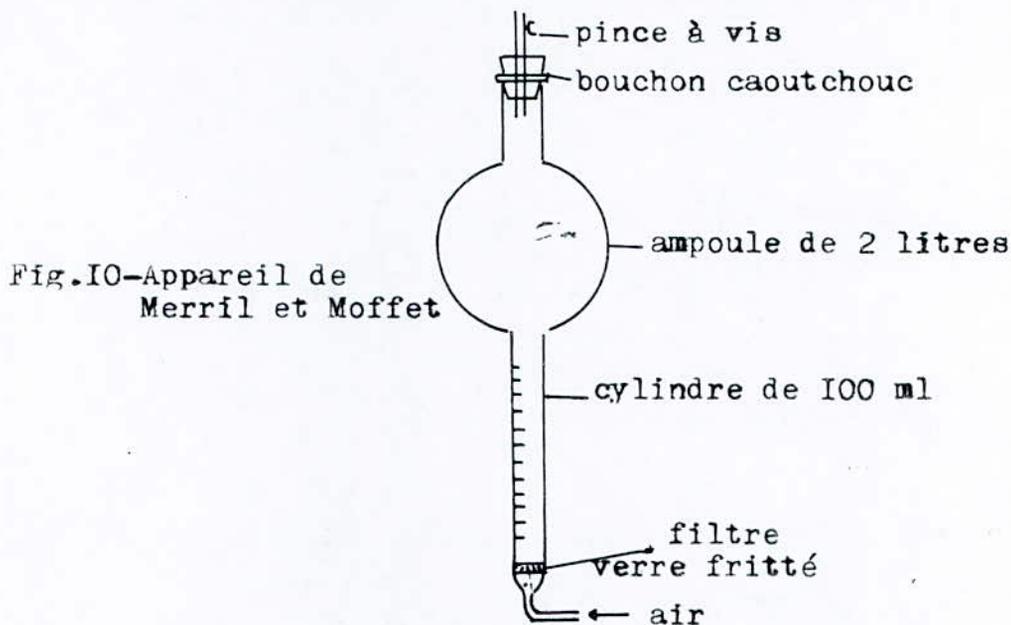
Il s'agit de la méthode de Létrier qui, utilisée avec un appareillage automatique et enregistreur, peut servir à l'étude des solutions d'agents moussants en mesurant la possibilité plus ou moins grande d'étirement des lames liquides, c'est à dire leur résistance à la déformation.

Si l'on ne perd pas de vue que ces lames ont une constitution identique à celle de la paroi des bulles formant une mousse,

on comprendra que la détermination de la résistance à la déformation des lames constitue une méthode comparative, mais rationnelle, de l'efficacité des agents moussants.

NOTE (2)

MERRIL et MOFFET ont décrit une méthode pour la mesure précise de l'écoulement sur une mousse formée dans un appareil imaginé dans ce but; l'écoulement se déduit de la quantité de liquide recueilli à partir d'un volume déterminé de mousse dans un temps donné (Fig.10)



On peut aussi mesurer directement la densité de la mousse par pesée d'un volume connu, pourvu que la mousse soit assez stable pendant la manipulation.

d/ Formules mathématiques relatives à la stabilité

Le volume de mousse, la densité et l'écoulement peuvent être facilement exprimés en valeurs absolues; mais, il est plus difficile de donner une expression absolue de la stabilité.

- Relation de BIKERMAN

On envoie dans la solution, de l'air ou un autre gaz dans un réservoir cylindrique gradué en débit constant jusqu'à ce que la mousse s'élève à sa hauteur maximale; à ce moment la partie supérieure de la mousse se brise à la vitesse même de la formation de nouvelles bulles engendrées par le courant gazeux ascendant; on lit directement la hauteur de la mousse et l'on en déduit le volume.

BIKERMAN a défini le volume de mousse comme la différence entre le volume occupé par le liquide et la mousse et le volume restant du liquide.

Il trouve ainsi que le volume de la mousse (v) est proportionnel au volume d'air ayant traversé le système en une seconde (V/t); il pose alors :

$$\Sigma = \frac{vt}{V} = \frac{v}{r}$$

r = débit d'air

Σ = constante de même dimension que le temps, et caractérise la solution étudiée; elle constitue une mesure simple de la stabilité de mousse. Elle est, en fait, égale à la durée moyenne de vie d'une bulle de la mousse.

A noter, que cette équation n'est pas valable pour des vitesses variables de l'air.

- Relation de SYDNEY ROSS

SYDNEY ROSS a montré que la stabilité des mousses pourrait être exprimée à l'aide de deux formules mathématiquement exactes; l'une pour la durée moyenne d'occlusion du gaz dans la mousse (t_g), et l'autre, pour la durée moyenne de rétention de liquide dans la mousse (t_f).

$$t_g = \frac{1}{G_0} \int_0^{G_0} t \, dG$$

$$t_f = \frac{1}{V_0} \int_0^{V_0} t \, dV$$

G = relatif au volume de gaz dans la mousse

V = relatif au volume de liquide dans la mousse

Ces formules n'ont qu'une valeur de définition, on ne peut les utiliser dans des calculs pratiques, si l'on ne connaît pas G et V en fonction du temps t .

III.1- INTRODUCTION

Dans l'industrie chimique, le cassage de mousses gênantes ou indésirables est au moins aussi intéressant que la production de mousses (F)...

En premier lieu, il est nécessaire de réduire les phénomènes en évitant l'introduction de gaz ou d'air dans les milieux considérés, en éliminant ou en adsorbant les gaz indésirables, en réduisant les agitations, en évitant l'emploi de pompes défectueuses à entrée d'air, en calculant les rayons de courbure des conduits pour éviter les turbulences, en employant des conduits larges et peu profonds, en évitant l'emploi des composés capables de provoquer des dégagements gazeux, enfin en favorisant la précipitation ou la solubilisation des impuretés organiques ou minérales.

Pour détruire les mousses gênantes, on utilise plusieurs procédés:

1) Les moyens mécaniques

- Projection de liquide (de l'eau par exemple)
- Jets de gaz
- Dépressions

2) Les moyens physico-chimiques

- Variation du PH de manière à changer les degrés de dispersion des impuretés organiques ou minérales
- Emploi de certains électrolytes ayant une action défavorable sur la mousse.
- Emploi d'antimousse.

3) Les moyens thermiques

- Jets de vapeur.
- Surfaces chaudes qui permettent l'augmentation des pressions internes des bulles, et la diminution des viscosités.

III.2- PRINCIPE DE L'ACTION ANTIMOUSSE

Le moussage peut être empêché par addition de petites quantités de corps convenables, dont la présence doit avoir pour effet de modifier la structure des films des bulles d'air.

L'antimousse, étant une entité chimique quelconque, doit modifier les propriétés du film soit, en réduisant la viscosité de l'eau intercallaire, soit en accroissant le degré d'écoulement ou en provoquant une concentration à un point donné des molécules actives présentes.

Du point de vue pratique, les agents antimousses sont certainement des agents tensio-actifs car ils transforment un liquide moussant en un liquide sans mousse.

En réalité, ils agissent suivant plusieurs mécanismes physico-chimiques différents; quelques uns des agents antimousses étant tensio-actifs et d'autres, étant tout simplement des agents de protection mécanique (4).

L'antimousse n'est généralement pas une entité chimique définie, mais il est composé de divers éléments dont les activités, par rapport à un milieu donné, peuvent être complémentaires.

III.3 - DIFFERENTES FORMES D'ACTION DES ANTIMOUSSES

Les antimousses peuvent agir de plusieurs façons :

1°/ - Formation d'un complexe avec les agents de surface présents

Un produit anionique aura un effet antimousse sur une solution d'agents moussants cationiques, de même qu'un agent cationique aura un effet antimousse sur une solution d'agents moussants de caractère anionique.

Aussi l'action d'agents moussants à caractère anionique est susceptible, sous certaines conditions et à certaines concentrations, de faire tomber les mousses d'un milieu renfermant des agents moussants à caractère non ionique et inversement.

2°/ - Formation d'un film superficiel à la surface du liquide

La formation d'un film superficiel à l'interface des phases liquides, solides et gazeuses, peut modifier très sensiblement l'aspect et la stabilité de la mousse.

Deux mécanismes d'action sont possibles :

1°/ Étalement d'un film superficiel adsorbant l'agent de surface pour former une surface eau - air inactive.

2°/ Étalement d'un film superficiel susceptible de chasser l'agent de surface, diminuant ainsi localement très sensiblement sa concentration en surface et provoquant parallèlement la disparition de la mousse.

III.4 - PROPRIETES ESSENTIELLES DES ANTIMOUSSES

I - Vitesse d'étalement et énergie

L'antimousse doit renfermer plusieurs agents ayant chacun des qualités particulières. Par exemple, il sera nécessaire que certains éléments, permettant d'apporter une fragilité à la pellicule stabilisante de la mousse, s'étalent à des vitesses égales ou supérieures aux autres constituants.

Certains antimousses ne possèdent qu'une action limitée, "leur durée de vie" étant, à peu près, identique à la durée totale de l'étalement. Donc, l'efficacité d'un antimousse est liée à la très grande capacité d'étalement à la surface des milieux moussants; aussi, il sera nécessaire d'apporter à la mousse, une certaine énergie pour provoquer la rupture des bulles unitaires.

Un antimousse agissant uniquement par la vitesse d'étalement à la surface d'un milieu peut donner des résultats extrêmement satisfaisants dans certains cas, et très décevants dans d'autres.

L'énergie réclamée par la mousse pour se détruire, diffère d'un milieu à un autre, et elle n'est pas toujours constante.

2 - Biodégradabilité

Actuellement, il est recherché des antimousses qui soient biodégradables, c'est à dire qui puissent être consommés par les micro-organismes présents dans les milieux à traiter (IO).

Aussi, il y a lieu de signaler de ne pas confondre le temps d'action de l'antimousse, qui peut être plus ou moins prolongé et qui se trouve être en rapport avec les propriétés propres des éléments présents, et son temps de vie dans le milieu considéré.

Le "temps de vie" est en relation étroite avec les structures de ses divers éléments constitutifs, qui peuvent être affectés par des réactions chimiques ou biochimiques dues à la nature du milieu avec lequel ils sont mis en présence.

Une faible biodégradabilité des agents de surface entraîne la pollution des cours d'eau.

L'utilisation intensive des agents de surface dans l'industrie textile, la blanchisserie, l'agriculture (produits insecticides, fongicides), ont provoqué la formation spectaculaire d'amas de mousses dans les cours d'eau aux endroits de turbulences.

Ces faits déclenchèrent une série de recherches qui ont vite fait de montrer que la partie hydrocarbonée de la molécule d'agent de surface, est d'autant plus forte si la chaîne est plus linéaire, sans que la longueur de la chaîne influe sensiblement.

Or les produits utilisés jusque là étaient à chaîne ramifiée et récalcitrante à la biodégradabilité; ainsi, ils ont été, à peu près, complètement remplacés par les produits à chaîne droite et les mousses ont disparu (II).

Cet exemple est édifiant, et montre la nécessité de l'utilisation de produits chimiques biodégradables pour éviter la pollution des cours d'eau.

3 - Balance Hydrophile - lipophile (H.L.B)

Cette balance est une notion d'équilibre entre les affinités que tel composé est capable d'avoir avec une phase gazeuse et une phase liquide mises en présence.

Le H.L.B d'un agent de surface peut être calculé lorsque sa structure chimique est définie; il devra être approprié car, pour être très actifs en milieux aqueux, les antimosse doivent posséder un caractère hydrophile.

Généralement, ces produits possèdent des molécules assez importantes renfermant en leur sein des composés oxygénés susceptibles de leur conférer une certaine hydrophilie.

En pratique, les composés oxygénés (ester, alcool...) sont les plus utilisés en tant qu'antimosse, ceci est dû à leur faible toxicité et leur innocuité.

Une classification des agents de surface en fonction de leur H.L.B, établie expérimentalement, donne : *ref*

Propriétés des agents de surface	Valeurs H.L.B	
	Minimales	Maximales
Antimousse	1,5	3
Mouillant	7	9
Détergent	13	15

III.5 - MECANISME D'ACTION DE L'ANTIMOUSSE

On peut représenter l'un des mécanismes simplifiés de l'action d'un antimousse qui entraîne la déformation de la double couche. La disparition d'une mousse par destruction spontanée s'effectue par ce mécanisme relativement simple (Fig.II); le liquide constituant le film s'écoule parallèlement à sa surface, par suite, le film devient de plus en plus mince, et pour une certaine épaisseur il s'évanouit :

Particule d'antimousse

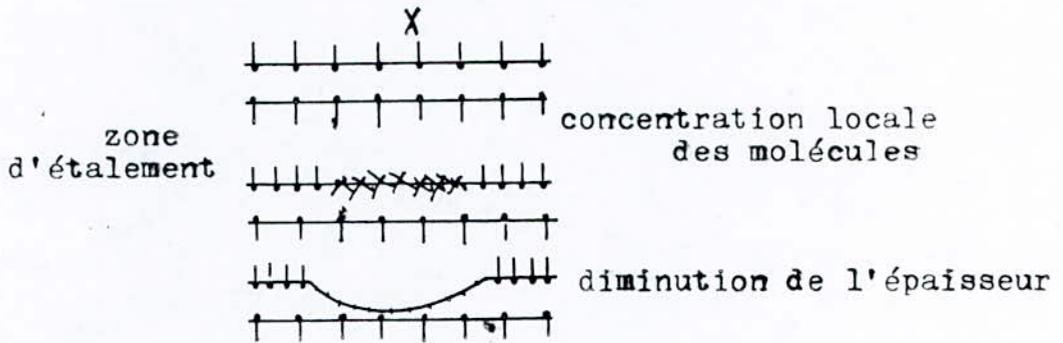


Fig.II - Amincissement de la double couche.

. Principe

Lorsqu'une molécule ou une micelle d'agent antimousse entre en contact avec la surface du film formant une bulle, il y a création d'une région de plus haute densité moléculaire concentrique qui entraîne les molécules présentes dans le film en réduisant partiellement son épaisseur à un tel point que la tension propre du film provoque la rupture.

. Cas de la mousse occluse

On assiste à une désaération du milieu par concentration des bulles unitaires en bulles plus importantes, moins stables qui sont rejetées à la surface du liquide par différence de densité (Fig.I2).

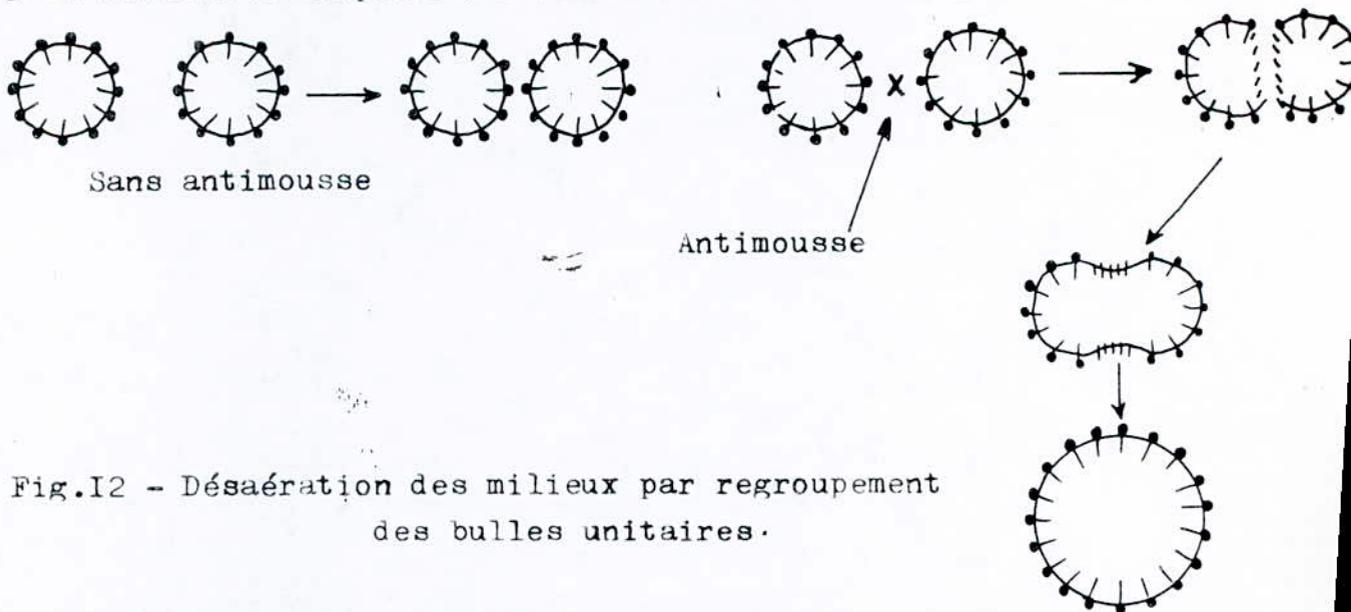


Fig.I2 - Désaération des milieux par regroupement des bulles unitaires.

Il n'existe pas d'antimousse universel, un seul antimousse ne peut être également efficace dans tous les systèmes.

Chaque milieu possède un antimousse à action spécifique; la constitution d'un antimousse relève d'un mélange de nombreux composés capables de permettre un étalement rapide en surface du système à traiter et possédant un ou plusieurs éléments susceptibles d'apporter

à cette entité une ou plusieurs des qualités requises.

III.6 - PRINCIPALES CLASSES D'ANTIMOUSES

CLASSE TYPE	NATURE DES COMPOSES	EXEMPLES D'ENTITES CHIMIQUES
Hydrocarbures	Solvants aliphatiques Huiles minérales, alkylats Paraffines	Pétrole, kérozène, gaz-oil Spindles naphéniques, paraffiniques de synthèse, linéaires ou ramifiés, saturés ou insaturés Dures, molles
Alcools	Alcools gras	Octylique, laurique, cétylique, oléique, octonediol, alcools oxo
Glycols	Glycols	Butyglycol-butylidiglycol
Emulsifiants	Anioniques Cationiques Non ioniques	Corps gras sulfatés et sulfonés, sulfates, Alkyls aryls sulfonates, sulfonats Sels d'amines et ammoniums quaternaires Mono et di-esters de polyglycols. Composés oxythélénés et oxypropylénés et oxypropylénés
Esters	Cérides	Esters d'alcools à chaîne longue
Matières grasses	Non siccatives	Huiles, lard, suifs
Sels d'acides gras	Savons solubles	Des bases alcalines et d'ammoniaque
Substances minérales		Bentonites, terres infusoires
Polymères	Organiques	Condensats mixtes oxyde d'éthylène, oxyde de propylène, Dérivés chlorés

III.7 - DETERMINATION DU POUVOIR ANTIMOUSSE

Parmi les méthodes utilisées pour la détermination du pouvoir antimousse; on peut citer :

I - Méthode à la baratte

Cette méthode est applicable à la plupart des milieux liquides, en particulier aux effluents industriels.

Elle est assez peu précise, mais permet néanmoins d'apprécier le pouvoir moussant des milieux à examiner, ainsi que l'action des antimousses sur ces milieux.

La méthode consiste à placer un volume déterminé de milieu à tester dans une éprouvette à pied (1) de 60 mm de diamètre et de 500 ml de volume.

Un batteur, constitué d'un disque perforé (30 trous) de 45 mm de diamètre, métallique ou plastique (3), solidaire d'une tige métallique dépassant de 8 cm la hauteur de l'éprouvette (2) est introduit et on agit d'un mouvement de va-et-vient régulier (10 coups).

Après, on note la hauteur de la mousse ainsi que le temps nécessaire, à sa disparition.

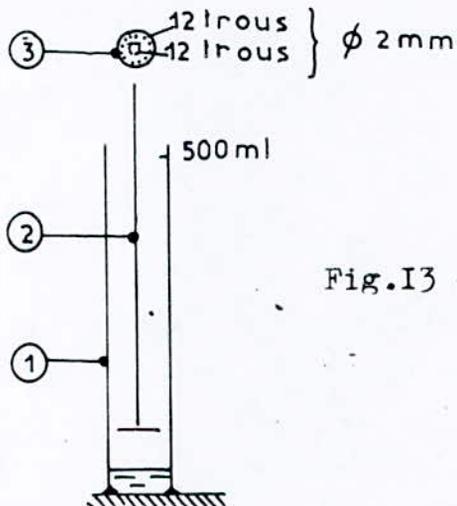


Fig.13 - Appareil pour méthode à la baratte

2 - Méthode pour mesure de l'indice d'aération

On peut définir la quantité exacte de l'antimousse à utiliser pour un traitement efficace en se servant de la méthode dynamique suivante qui permet de déterminer d'une part, l'air occlus, et, d'autre part, le volume de la mousse superficielle.

La méthode consiste à placer le milieu à tester dans une éprouvette graduée (Fig.14) et à l'agiter en vase clos, à une vitesse constante et définie à l'aide d'une pompe, dans un laps de temps déterminé pour un volume de liquide donné.

L'appareil indiqué présente l'avantage de mesurer la mousse occluse qui est obtenue par la différence du volume du liquide avant et après agitation et le volume de mousses produites dans le tube gradué.

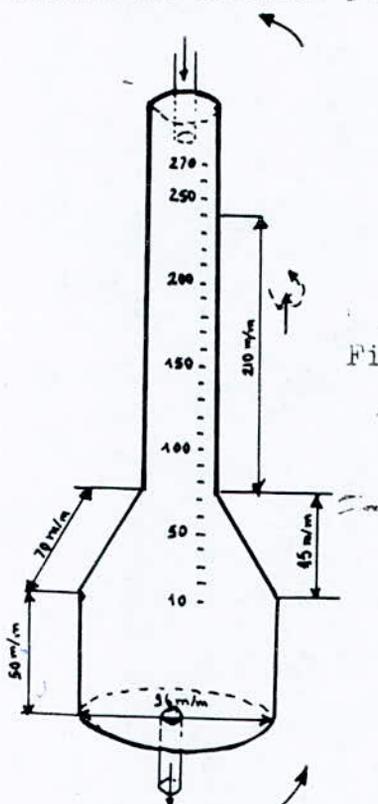


Fig.I4 - Appareil pour mesure de d'indice d'aération

Pour les milieux à viscosité élevée (peintures, résines ...), La méthode décrite précédemment ne donne pas de résultats suffisamment précis, sur la difficulté des lectures en raison, soit de l'opacité des milieux, soit de leur coloration.

La méthode la plus employée sur l'étude de tels milieux est celle qui consiste à agiter le liquide pendant un laps de temps donné (quelques minutes) à l'aide d'une hélice tournant à 1000 ou 2000 t /mn.

III.8- ETATS ET MODES D'APPLICATION DES ANTIMOUSSSES

La forme physique sous laquelle sera utilisé l'agent antimousse (pur ou dilué) influe énormément sur la détermination du matériel d'application; les antimousses peuvent être solides, pâteux ou liquides.

D'autres facteurs aussi influent, comme le lieu d'application, les quantités à employer, les propriétés chimiques des produits antimousses, etc...

Industriellement, on préfère les agents liquides vu leur facilité d'application et leur bonne stabilité au froid dans des conditions de variations saisonnières.

- Cas des antimousses liquides à l'état pur

Les méthodes d'introduction utilisées sont simples et efficaces; l'application de tels produits se fait goutte à goutte.

On peut utiliser un appareil automatique à investissement minimum; ce mode d'application convient parfaitement au traitement des eaux.

- Cas des antimousses à l'état solide ou pâteux

Des antimousses pâteux ou solides sont parfois utilisés directement à la louche ou à la truelle pour combattre des manifestations de mousses intempestives.

- Cas des antimousses à l'état dilué

Dans les milieux à température relativement élevée, il y a lieu de prévoir assez fréquemment une dilution préalable avant l'introduction d'antimousses pâteux ou solides.

Pour certains cas, il est, indispensable, à l'aide d'un matériel spécialisé (turbine, hélice) de préparer des pré-émulsions ou des émulsions suivant des procédés définis et spécifiques à chaque antimousse.

En fin, signalons deux points importants :

- Le taux d'emploi variable suivant le cas
- Le choix des lieux d'application doit se faire en fonction des procédés utilisés pour éviter toute perturbation, de préférence juste avant la formation des mousses.

Exemples d'application des antimousses

- Exemple I (3).

Il est du plus haut intérêt de se débarrasser de la présence des mousses au niveau des stations d'épuration d'eaux industrielles. La solution offerte pour l'application des produits antimousses est actuellement la mieux adoptée, l'antimousse permet d'éviter la formation des mousses lorsqu'il est introduit avant le passage du milieu à traiter dans les installations d'épuration; son emploi élimine également les mousses déjà existantes.

- Exemple 2 (9)

Les solutions d'amines ont tendance à mousser; il s'agit là d'un problème très grave puisque, malgré tous les séparateurs d'entraînement que l'on puisse installer en tête de colonnes, les solutions d'amines sortent sous forme de mousse après introduction du gaz brut.

Une précaution à prendre chaque fois que l'on prévoit une unité d'amines, est l'installation d'un dispositif pour injecter les silicones ou autres agents antimousses.

Les silicones sont des agents antimousses très efficaces; ils sont aussi utilisés dans les huiles lubrifiantes, huiles de trempe, peintures, matières plastiques

PARTIE

EXPERIMENTALE

I - BUT

L'objectif de notre travail consiste à réaliser un appareil normalisé de détermination du pouvoir moussant en vue :

- D'étudier l'action anti-mousse d'une famille d'hydrocarbures paraffiniques allant du n.hexane au n.hexadécane.
- D'étudier l'influence de la température sur l'effet antimousse.

II - PRODUITS UTILISES

II.1/ Poudre à laver "ISIS"

a) Définition et rôle

Un détergent est un produit dont la composition pratique est spécialement étudiée pour concourir au phénomène de déterision.

Il comprend des composants essentiels (agents de surface) et généralement des composants complémentaires (adjuvants).

Un détergent donc comprend une matière active additionnée en général de divers adjuvants, charges et autres additifs en faibles quantités.

Les composants complémentaires introduisent des propriétés étrangères à l'action spécifique du lavage (agents de blanchissement optique, inhibiteurs de corrosion, colorants, etc...).

Les adjuvants quant à eux, sont généralement des minéraux qui ajoutent leurs propriétés à l'action spécifique du lavage (STPP, carbonates, silicates.).

b) caractéristiques techniques (I4)

- Aspect et couleur Poudre blanche, homogène, constituée de microsphères creuses et exemptes de poussière.
- Composants essentiels.... Alkyl Benzène sulfonates de sodium en C₁₁ et C₁₂, biodégradables.
- Composants complémentaires.. Tripolyphosphate de sodium
Sulfate de sodium
Silicate de sodium
Toluène sulfonate de sodium
Carboxyméthocellulose de sodium
Agent de blanchissement optique
Parfum industriel
Eau de cristallisation.

II. 2/ - Les paraffines (n.C6 à n.C16)

a) Définition

Les hydrocarbures paraffiniques saturés, qu'on appelle paraffines (du latin parum affinis: peu d'affinité) ou mieux alcanes, répondent à la formule générale $C_n H_{2n+2}$. Les hydrocarbures linéaires représentent des molécules à structure linéaire.

Les quatre premiers hydrocarbures sont gazeux ($n = 1, 2, 3, 4$); du pentane $C_5 H_{12}$ à l'hexadécane $C_{16} H_{34}$, il s'agit d'hydrocarbures liquides et à partir de l'heptadécane $C_{17} H_{36}$, les alcanes sont solides à la température ambiante.

b) Propriétés physiques (I6)

Les alcanes sont inodores, pratiquement insolubles dans l'eau mais solubles entre eux et dans les solvants non polaires; la solubilité diminuant quand le nombre d'atomes de carbone augmente.

Les masses volumiques des alcanes sont inférieures à celle de l'eau.

La température de fusion et la température d'ébullition augmentent à mesure que s'alourdit la molécule (voir tableau)

TABLEAU DES PROPRIETES PHYSIQUES

Corps	Formule	P.M (g)	Eb (°C)	Fus (°C)	d_4^{20}	η_d^{20}
n.Hexane	$C_6 H_{14}$	86,16	68,7	- 95,3	0,660	1,3750
n.Heptane	$C_7 H_{16}$	100,21	98,4	- 90,6	0,684	1,3876
n.Octane	$C_8 H_{18}$	114,23	125,6	- 56,8	0,703	1,3976
n.Nonane	$C_9 H_{20}$	128,26	150,7	- 53,7	0,718	1,4056
n.Décane	$C_{10} H_{22}$	142,29	174	- 29,8	0,730	1,4120
n.Undécane	$C_{11} H_{24}$	156,31	195,8	- 25,7	0,740	1,4190
n.Dodécane	$C_{12} H_{26}$	170,34	216,2	- 9,65	0,749	1,4218
n.Tétradécane	$C_{14} H_{30}$	198,40	252,5	5,5	0,763	1,4290
n.Pentadécane	$C_{15} H_{32}$	212,42	270,5	10,0	0,769	
n.Hexadécane	$C_{16} H_{34}$	226,45	287,5	18,2	0,773	

II.3/ - L'eau utilisée est celle de l'eau de ville.

III - ETUDE EXPERIMENTALE

III.1/ Détermination de la durezza de l'eau ✓

- Principe

Il s'agit du dosage simultané du calcium et du magnésium (I5)

- Réactifs

Solution d'EDTA

Dissoudre 3,721 g de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique dans un litre d'eau distillée.

- Solution tampon à PH = 10
- Solution noir d'ériochrome (indicateur)
- Solution de bleu d'ériochrome (indicateur)
- Solution d'hydroxyde de sodium (IN)
- Solution d'acide chlorydrique (IN)

Mode opératoire

Ajouter à l'échantillon à analyser 3 ml de solution d'hydroxyde de sodium puis quelques gouttes de solution de bleu d'ériochrome. Verser la quantité nécessaire d'EDTA pour le virage au violet. Noter cette quantité (V_1). Ajouter 3,2 ml d'acide chlorydrique (IN) et ajouter durant une minute jusqu'à parfaite dissolution du précipite magnésien verser 5 ml de la solution tampon et une goutte de solution de noir d'ériochrome. Bien mélanger. Mettre la quantité d'EDTA nécessaire au virage au bleu. Noter cette quantité (V_2).

Expression des résultats

La dureté totale, exprimée en CaCO_3 (mg/l) est donnée par la quantité

$$= \frac{(V_1 + V_2) \times 1000}{50}$$

L'expérience réalisée a donné : $\bar{V}_1 = 19,0$ ml

$$\bar{V}_2 = 11,0$$
 ml

La dureté de l'eau de ville utilisée, est donc de:

$$\frac{(19 + 11) \times 1000}{50} = 600 \text{ mg/l}$$

soit 600 ppm

III.2/ Mesure du pouvoir moussant

III.2.1 - Objet

La présente recommandation ISO a pour objet de définir une méthode de mesure du pouvoir moussant d'un agent de surface.

III.2.2. - Domaine d'application

Cette manière est applicable à tous les agents de surface. Toutefois, dans le cas de produits facilement hydrolysables, la mesure du pouvoir moussant de leur solution ne peut pas conduire à des résultats valables, les produits d'hydrolyse se rassemblant dans les lames liquides et modifiant la stabilité de la mousse.

La stabilité des lames liquides est très sensible à la présence de particules insolubles. Cette méthode de mesure de pouvoir moussant ne doit donc être utilisée qu'avec la plus grande prudence pour la détermination du pouvoir moussant de composition à base d'agents de surface dont la solubilité est rarement totale.

Le pouvoir moussant est en outre très sensible à de légères variations de composition. Les résultats obtenus sur des solutions de produits formulés doivent par suite être interprétés avec circonspection. Cette méthode ne permet pas, cependant, de mesurer le pouvoir moussant de solutions très diluées d'agents de surface, telles que les eaux de rivière contenant des agents de surface.

Note

Dans la présente recommandation ISO, le pouvoir moussant est caractérisé par le volume de mousse obtenu dans des conditions expérimentales déterminées. L'évolution de ce volume de mousse durant les 5 minutes qui suivent sa formation est également donnée.

III.2.3 - Principe

Mesure du volume de mousse obtenu après la chute, d'une hauteur de 450 mm, de 500 ml d'une solution d'un agent de surface sur une surface liquide de la même solution.

III.2.4 - Appareillage (voir Figure)

Appareil d'essai comprenant :

Une ampoule à decanter d'un litre de capacité, constituée d'un réservoir piriforme surmontant un tube d'environ 200 mm de long muni à son extrémité d'un robinet. L'ampoule présente à 150 mm au-dessus de l'axe du robinet un trait qui sert de limite inférieure lors de l'écoulement pendant l'essai. L'extrémité inférieure du tube est coupée selon un plan rigoureusement perpendiculaire à son axe, et à 40 mm au-dessous de l'axe du robinet. Le robinet est moulé et non soufflé. Le chas étant de diamètre suffisant pour ne pas freiner l'écoulement de la solution (minimum 3 mm).

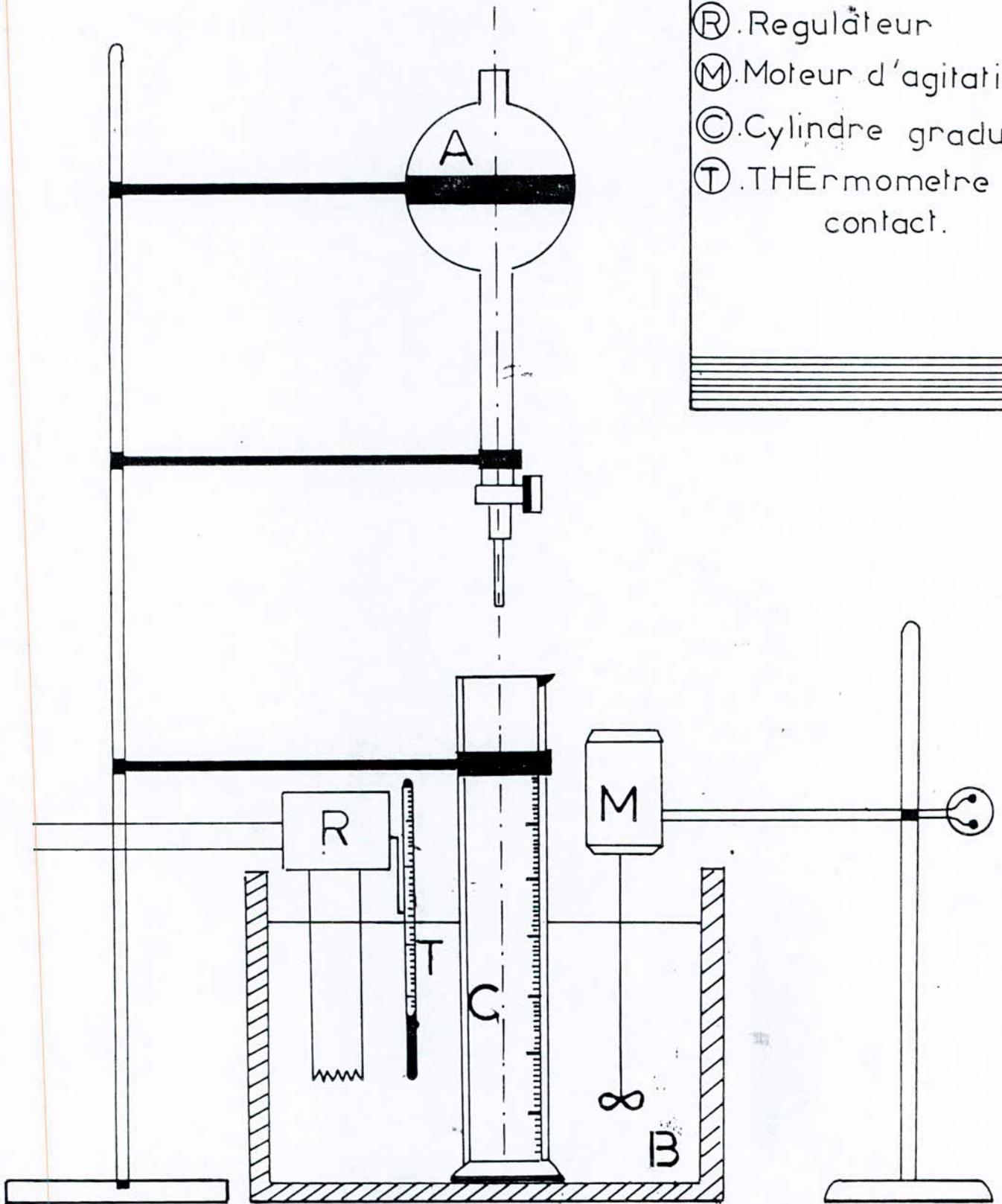
- Une éprouvette d'un litre de capacité, graduée de 10 ml en 10 ml. Cette éprouvette est placée dans un bain d'eau thermostatique et de dimensions suffisantes pour permettre d'immerger l'éprouvette jusqu'à la moitié de sa hauteur.

Le bain thermostatique est réalisé à l'aide :

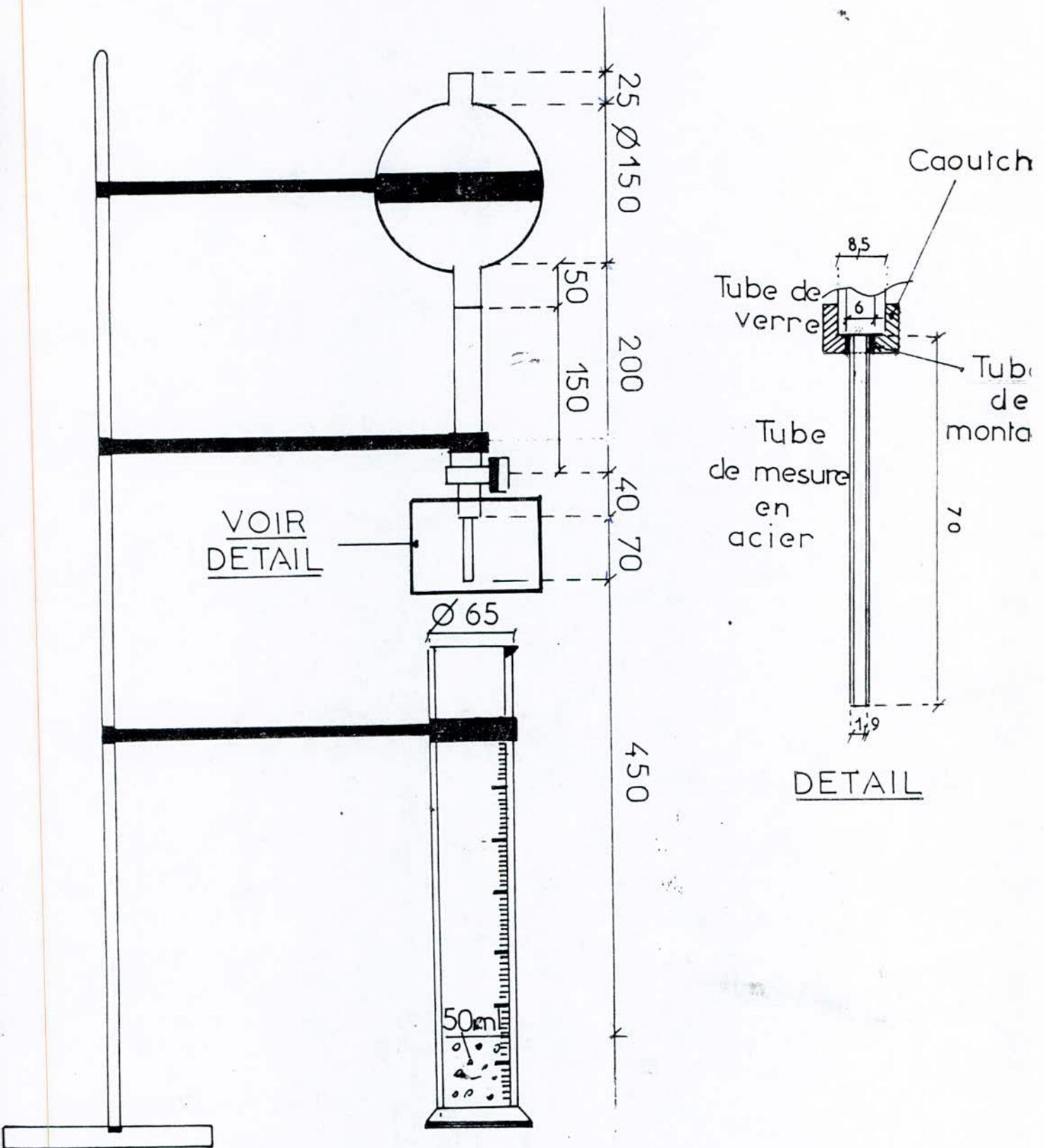
- D'un régulateur
- D'une résistance plongeante chauffante

LEGENDE

- Ⓐ. Ampoule a decanti
- Ⓑ. Bain
- Ⓡ. Regulateur
- Ⓜ. Moteur d'agitation
- Ⓒ. Cylindre gradué
- Ⓣ. THERmometre à contact.



MONTAGE EXPERIMENTAL



APPAREIL D'ESSAI
(Dimensions en mm)

- Cuve cylindrique isolée
- Moteur d'agitation
- Thermomètre à contact.

Un support constitué par une tige verticale suffisamment longue pour permettre la fixation de l'ampoule à décanter et de l'éprouvette graduée. Afin d'assurer le centrage de l'ensemble et de la maintenir durant les mesures, l'ampoule à décanter est fixée à l'aide de deux anneaux, l'un soutenant la sphère, l'autre, de diamètre beaucoup plus faible, placé le plus bas possible, afin d'entourer le tube de l'ampoule, en-dessous du robinet.

L'éprouvette graduée est fixée à l'aide d'une pince à coquille n'ayant qu'une seule moitié mobile.

Un tube de mesure en acier inoxydable de 70 mm de longueur de $1,9 \pm 0,02$ mm de diamètre intérieur, et ayant des parois de 0,3 mm d'épaisseur; les extrémités de ce tube doivent avoir été coupées au tour de bijoutier selon un plan rigoureusement perpendiculaire à son axe. Le tube de mesure est fixé forcé dans un tube de montage en acier de 5 à 10 mm de longueur dont le diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur du tube de mesure et dont le diamètre extérieur est égal à celui de la partie inférieure du tube en verre de l'ampoule à décanter. Les extrémités supérieures du tube de mesure et du tube de montage doivent être dans un même plan. La fixation du tube de montage est obtenue à l'aide d'un morceau de tube en caoutchouc épais (type tube à vide), l'extrémité supérieure du tube de montage étant jointive à la partie inférieure du tube en verre.

- Nettoyage de l'appareil

Il est nécessaire de bien nettoyer le matériel avant chaque mesure pour éviter toute pollution qui fausserait les résultats. La parfaite propreté de l'appareil est essentielle à la bonne réussite de l'essai. Laisser, avant les essais, et si possible pendant une nuit, toute la verrerie au contact du mélange sulfochromique.

Rincer alors la verrerie d'abord à l'eau distillée jusqu'à disparition de toute trace d'acide, puis avec une petite quantité de la solution soumise à l'essai. Maintenir l'ensemble du tube de montage et du tube de mesure. Entre chaque mesure, pour un même produit, rincer simplement l'appareil avec la solution à étudier, si l'on doit enlever la mousse restant dans l'éprouvette de mesure, quel que soit le moyen utilisé pour faire cette opération, la faire suivre d'un rinçage avec la solution soumise à l'essai.

III.2.5 - Préparation d'une solution

Préparer une solution à la concentration d'utilisation du produit. L'eau utilisée pour la dilution peut être soit de l'eau distillée saturée d'air par barbotage, soit de l'eau dure dont la concentration en carbonate de calcium est de 300 ppm.

Préparer la solution par empâtage et dissoudre dans l'eau choisie, portée préalablement à 50°C . Ce mélange doit être fait très doucement pour éviter la formation de mousse. Conserver la solution à 50°C ou -2°C , sans agitation jusqu'au moment de l'essai.

L'âge de la solution, au moment de l'essai, doit être supérieur à 30 mm, mais inférieur à 2 heures. D'autres conditions (dureté de l'eau, température) que celles fixées ci-dessus peuvent être choisies sous réserve d'être mentionnées au procès-verbal d'essai.

III.2.6 - Mode opératoire

a) Montage de l'appareil

L'appareil doit être monté dans un local à l'abri des courants d'air.

Régler le thermostat du bain d'eau pour amener la température de ce bain à 50°C ou -2°C .

Introduire 50 ml de la solution préparée comme indiqué, doucement dans l'éprouvette en faisant glisser le liquide le long des parois afin qu'aucune mousse ne se forme à la surface.

Placer l'éprouvette dans le bain d'eau et la fixer à l'aide de son support à coquille.

Fixer l'ampoule à décanter munie de son tube de mesure et régler son support afin que les axes de l'éprouvette et du tube de mesure coïncident et que l'extrémité inférieure du tube de mesure doit être à 450 mm au-dessus du niveau des 50 ml de solution versés dans l'éprouvette graduée.

b) Remplissage de l'appareil

En vue de la première mesure, introduire une partie de la solution d'essai dans l'ampoule à décanter jusqu'au trait de 150 mm. Dans ce but, plonger la partie inférieure du tube de mesure dans une partie de la solution d'essai maintenue à 50°C ou -2°C et contenue dans un petit bécber, et aspirer le liquide à l'aide d'un système approprié adapté à la partie supérieure de l'ampoule à décanter.

Cette méthode est la plus sûre pour éviter la formation de bulles d'air dans le chas du robinet. Le petit bécber et maintenu sous l'ampoule à décanter jusqu'au moment de la mesure.

Pour compléter le remplissage, verser dans l'ampoule à décanter, doucement, afin d'éviter la formation de mousse, 500 ml de la solution d'essai maintenue à $50 \pm 2^\circ\text{C}$ à l'aide de l'éprouvette graduée de 500 ml. Le remplissage peut être réalisé en utilisant un entonnoir spécial dont la tige est courbée afin que son extrémité soit appuyée sur la paroi intérieure de l'ampoule à décanter.

Pour les mesures suivantes, vider l'ampoule à décanter jusqu'à une hauteur de 1 à 2 cm au-dessus du robinet. Placer le petit bécber rempli de solution d'essai maintenue à $50 \pm 2^\circ\text{C}$ sous l'ampoule à décanter comme précédemment. Remplir l'ampoule et ajuster avec la solution jusqu'au trait de 150 mm puis verser les 500 ml de solution d'essai maintenue à $50 \pm 2^\circ\text{C}$, comme décrit précédemment.

Note

On peut également remplir l'ampoule jusqu'au trait de 150 mm en ne laissant pas l'ampoule se vider totalement lors du dernier remplissage avec la solution d'essai. Cette méthode plus simple donne moins de garanties quant à l'élimination des bulles d'air.

e) Mesure

Laisser écouler la solution en une seule fois, jusqu'à ce que le niveau arrive au trait de jauge (150 mm). Noter le temps d'écoulement. Toute mesure dont le temps d'écoulement s'écarte de plus de 5 % de la moyenne arithmétique des temps d'écoulement relevés doit être annulée, un temps anormalement long étant le signe de la présence d'une bulle d'air dans le tube de mesure ou le robinet. Mesurer exactement le volume de mousse et uniquement de mousse, 30 secondes, 3 mm et 5 mm après arrêt de l'écoulement.

La mousse présente une dépression au centre, prendre comme lecture la moyenne arithmétique entre le centre et les bords.

Répéter la mesure dix fois en préparant chaque fois une nouvelle solution conformément paragraphe III.2.5. Prendre la moyenne arithmétique d'au moins 8 résultats.

III.2.7 Expression des résultats

Exprimer les résultats en ml de mousse formés, 30s, 3mn, et 5mn après arrêt de l'écoulement. Tracer éventuellement la courbe correspondante.

- Après quelques essais pour la recherche d'une concentration adéquate pour avoir une mousse appréciable, il apparait que la concentration de 2,5 g de poudre à laver par litre donne le meilleur résultat, cette concentration étant par ailleurs voisine ou même inférieure de celle des eaux résiduaires ménagères (12).

Il est recommandé de faire au moins 10 essais en préparant chaque fois une nouvelle solution à une concentration de 2,5 g/l et prendre la moyenne arithmétique d' au-moins 8 résultats.

- CERTAINES SPECIFICATIONS DE LA POUDRE A LAVER "ISIS"

Poids spécifique apparent à l'état non tassé0,300 à 0,350 kg/l

PH (solution aqueuse à 1%)10 à 10,5

Humidité6 à 8% environ

-Les résultats expérimentaux seront exprimés sous forme de tableau où

Temps= temps d'écoulement de 500 ml de solution

V_1 = volume de mousse obtenue au bout de 30 secondes après arrêt de l'écoulement

V_2 = volume de mousse obtenue au bout de 3 minutes après arrêt de l'écoulement

V_3 = volume de mousse obtenue au bout de 5 minutes après arrêt de l'écoulement

-REMARQUES

a-Chaque volume mentionné au tableau est la moyenne de deux volumes; l'un est le volume lu au niveau des parois de l'éprouvette, l'autre est le volume lu au niveau de la dépression présente au centre de la mousse formée.

b-La température a été maintenue à 50°C pendant toute la durée des expériences.

TABLEAU N° I

N° de l'essai	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
1	75,12	410	400	395
2	75,00	405	390	390
3	75,08	410	400	395
4	75,02	410	400	395
5	75,01	410	400	395
6	75,09	410	400	395
7	75,15	405	395	390
8	75,03	410	400	395
9	75,03	410	400	395
10	75,03	410	400	395

POUVOIR MOUSSANT D'UNE SOLUTION
 A 2,5 g/l DE POUDRE A LAVER "ISIS"
 A T = 50° C

Le tableau N°I indique clairement que les valeurs des volumes sont très reproductibles et, que la mousse obtenue est très stable.

La moyenne arithmétique de 8 résultats donne:

$t = 75,05$ secondes ; $V_1 = 410$ ml ; $V_2 = 400$ ml ; $V_3 = 395$ ml

A titre comparatif, une solution de même concentration avec de la poudre à laver "TELDJ" donne:

$t = 75,17$ secondes ; $V_1 = 35$ ml ; $V_2 = 0$ ml ; $V_3 = 0$ ml

Une solution de concentration de 15 g/l de cette même poudre donne:

$t = 75,38$ secondes ; $V_1 = 100$ ml ; $V_2 = 0$ ml ; $V_3 = 0$ ml

Ces résultats montrent que la poudre à laver "TELDJ" a un pouvoir moussant beaucoup moins prononcé que celui de la poudre à laver "ISIS", ceci est dû au fait que, dans la composition de "TELDJ" il existe des composants qui empêchent le moussage.

III.3. MESURE DU POUVOIR ANTIMOUSSE

III.3.1- Mode opératoire

Le mode opératoire est le même que celui décrit au paragraphe III.2.6. A la solution moussante de concentration 2,5 g/l de poudre à laver "ISIS", on ajoute des quantités différentes de chacun des hydrocarbures paraffiniques à étudier.

Lorsqu'on a à tester des antimousses, on recommande d'effectuer l'opération en ajoutant l'antimousse à étudier à différentes quantités et d'observer l'effet sur la mousse formée; on note la quantité nécessaire à la disparition totale de la mousse, ce qui permet de faire des études comparatives.

Les quantités sont ajoutées à l'aide de pipettes de 5, 10, 15 et 25 ml.

III.3.2- Expression des résultats

Les résultats expérimentaux sont exprimés sous forme de tableaux (du N°2 au N°II), où V représente le volume de l'hydrocarbure ajouté. Le temps, V_1 , V_2 , V_3 ont été déjà définis au paragraphe III.2.7. Pour le calcul du %poids, il y a lieu de tenir compte des corrections nécessaires sur les densités à 50°C (hydrocarbure, eau).

-REMARQUE

La lecture du volume de mousse devient difficile vu les fluctuations importantes en hauteurs observées, et ce à partir d'un volume d'hydrocarbure ajoutée de l'ordre de 10 ml.

Pour cela on a fait une moyenne des volumes observés au niveau des parois et du volume de la dépression au centre .

TABLEAU N° 2

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V_1 (ml)	V_2 (ml)	V_3 (ml)
1	0,06	75,08	410	400	395
2	0,13	75,01	410	400	395
4	0,25	75,00	410	400	395
5	0,32	75,15	405	395	390
8	0,50	75,21	405	395	390
10	0,63	75,14	400	395	390
15	0,94	75,03	400	395	390
20	1,25	75,01	395	385	380
25	1,55	75,07	395	385	380
30	1,86	75,13	395	385	380

! ACTION ANTIMOUSSE DU N. HEXANE !

! A T = 50° C !

TABLEAU N° 3

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
1	0,07	75,22	410	400	395
2	0,13	75,15	410	400	395
4	0,26	75,09	405	390	375
5	0,33	75,01	400	380	370
8	0,52	75,03	400	380	370
10	0,65	75,02	400	380	370
15	0,97	75,10	395	375	360
20	1,30	75,11	390	370	360
25	1,62	75,03	390	370	355
30	1,93	75,07	390	370	350

! ACTION ANTIMOUSSE DU N. HEPTANE !

! A T = 50° C !

TABLEAU N° 4

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
I	0,07	75,0I	400	395	390
2	0,14	75,02	390	385	380
4	0,27	75,II	380	370	360
5	0,34	75,07	375	365	355
8	0,54	75,06	370	360	345
10	0,67	75,07	370	355	340
15	I,00	75,06	365	340	320
20	I,34	75,I4	360	325	295
25	I,67	75,I5	345	280	220
30	I,99	75,I0	340	275	210

ACTION ANTIMOUSSE DU N.OCTANE
 A T = 50° C

TABLEAU N° 5

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V_1 (ml)	V_2 (ml)	V_3 (ml)
1	0,07	75,14	400	395	390
2	0,14	75,12	395	390	385
4	0,28	75,11	380	370	360
5	0,35	75,13	370	365	355
8	0,55	75,14	365	360	350
10	0,69	75,09	365	355	345
15	1,03	75,08	360	340	325
20	1,37	75,04	355	325	280
25	1,70	75,07	345	305	240
30	2,04	75,11	335	270	180

ACTION ANTIMOUSSE DU N.NONANE

A T = 50° C

TABLEAU N° 6

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
0,5	0,04	75,01	400	395	390
1	0,07	75,04	395	390	380
2	0,14	75,01	375	355	345
4	0,28	75,07	370	350	340
5	0,35	75,11	360	350	335
8	0,56	75,10	325	275	245
10	0,70	75,08	315	255	200
15	1,05	75,04	300	210	140
20	1,39	75,11	290	140	15
25	1,73	75,01	240	60	05
30	2,07	75,00	205	15	0

! ACTION ANTIMOUSSE DU N.DECANE
! A T = 50° C !

TABLEAU N° 7

V (ml)	% Poinds	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
0,5	0,04	75,14	395	390	385
1	0,07	75,12	385	370	360
2	0,14	75,09	365	345	330
4	0,28	75,15	350	300	250
5	0,36	75,07	335	290	230
8	0,57	75,03	295	65	30
10	0,70	75,07	260	50	20
15	1,06	75,08	240	10	0
20	1,41	75,11	220	0	0
25	1,75	75,06	60	0	0
30	2,10	75,01	30	0	0

ACTION ANTIMOUSSE DU N.UNDECANE

A T = 50° C

TABLEAU N° 8

V (ml)	% Poids	t (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
0,5	0,04	75,08	380	365	355
1	0,07	75,09	330	320	310
2	0,14	75,12	280	200	155
4	0,22	75,14	270	140	100
5	0,36	75,12	260	120	80
8	0,50	75,21	220	100	50
10	0,72	75,14	200	20	0
12	0,86	75,17	160	0	0
15	1,07	75,23	160	0	0
20	1,43	75,15	155	0	0
25	1,78	75,18	150	0	0
30	2,12	75,21	150	0	0

ACTION ANTIMOUSSE DU N.DODECANE

A T = 50° C

TABLEAU N° 9

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V_1 (ml)	V_2 (ml)	V_3 (ml)
1	0,07	75,01	390	380	370
2	0,15	75,11	300	230	170
4	0,29	75,02	240	180	150
5	0,37	75,04	240	175	150
8	0,59	75,10	235	160	140
10	0,73	75,07	230	155	140
15	1,10	75,04	215	140	110
20	1,46	75,02	210	125	90
25	1,81	75,08	200	120	70
30	2,17	75,12	190	100	50

ACTION ANTIMOUSSE DU N.TETRADECANE
 A T = 50° C

TABLEAU N° 10

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
1	0,07	75,00	385	370	355
2	0,15	75,02	375	345	305
4	0,30	75,07	310	275	250
5	0,37	75,06	290	255	225
8	0,59	75,05	320	280	245
10	0,74	75,04	345	305	270
15	1,11	75,10	360	330	290
20	1,47	75,08	360	340	330
25	1,83	75,08	370	350	335
30	2,19	75,07	370	355	340

ACTION ANTIMOUSSE DU N.PENTADECANE
A T = 50° C

TABLEAU N° II

V (ml)	% Poids	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
I	0,05	75,04	390	380	370
2	0,15	75,13	370	310	280
4	0,30	75,22	365	300	270
5	0,60	75,02	360	295	265
8	0,74	75,11	355	295	265
10	1,11	75,03	350	290	260
15	1,47	75,12	345	290	260
20	1,83	75,01	340	285	255
25	2,20	75,15	335	280	250
30	2,37	75,10	330	270	240

ACTION ANTIMOUSSE DU N. HEXADECANE
A T = 50° C

III.3.3. - Interprétation et discussion

L'une des premières remarques est que l'introduction de n.paraaffines n'a aucune influence sur la facilité d'apparition des mousses; elle n'influe que sur les hauteurs qui diffèrent suivant l'hydrocarbure utilisé.

- Cas de n.C6 et n.C7

L'effet de ces deux hydrocarbures est presque nul et n'est mesurable que pour des quantités relativement importantes par rapport au milieu à traiter.

Car il ne faut surtout pas oublier que les concentrations en % poids admissibles des antimousses en général sont de l'ordre de 0,1 - 1 % (10).

Donc, le n.C6 et le n.C7 sont sans intérêt en tant qu'antimousses.

- Cas de n.C8 et n.C9

L'effet antimousse se prononce à partir d'une concentration avoisinant 1 % où la vitesse d'affaissement de la mousse augmente. Cette vitesse s'accroît avec l'augmentation de la quantité ajoutée, mais semble toujours insuffisante pour éliminer totalement la mousse.

- Cas du n.C10

L'effet antimousse est maximal pour une concentration de 2,07 %, ce qui représente encore une quantité importante et partant, inadmissible.

- Cas de n.C14 et n.C16

Leurs effets antimousses varient proportionnellement à la quantité ajoutée, et sont globalement peu efficaces au même titre que le n.C₆ et le n.C₇.

- Cas de n.C15

Dans ce cas, on assiste à un phénomène nouveau comparativement à la famille des hydrocarbures paraffiniques utilisés. L'effet antimousse est maximal pour une concentration intermédiaire (0,37 %); ceci est explicable par le fait que l'antimousse est lui-même un tensio-actif, qui, ajouté à une certaine quantité, peut favoriser la formation de mousse au lieu de la défavoriser. On constate d'ailleurs, en pratique, que l'emploi en excès d'un agent antimousse peut-être générateur de mousse; ce fait peut-être également dû aux phénomènes de synergie qui augmentent la concentration de l'agent moussant à la surface et aux interfaces des phases.

Un agent antimousse efficace est facilement soluble dans le milieu auquel il est ajouté; donc une grande quantité devient insoluble et restera en surface.

Cas de n.CI₂ et n.CII

Ces deux hydrocarbures sont les deux seuls à avoir un effet antimousse efficace; on est arrivé à éliminer complètement la mousse au bout de 3 minutes pour des concentrations de 0,86 % en n.dodécane et 1,41 % en n.undécane.

On préfère le n.dodécane vu qu'il ne suffit que d'une quantité relativement faible et aussi parce qu'il n'excède pas les concentrations admissibles 0,1 - 1 %.

Remarque

Ceci est valable à 50° C. Or les eaux de surface sont à des températures plus basses (20° C en moyenne), il y a lieu de comparer ces concentrations admissible à cette même température; donc chercher l'efficacité du n.CI₂ à la température ambiante.

- Regards sur la théorie de DAVIES

DAVIES a donné une formule concernant le calcul du H.L.B d'un agent de surface connaissant sa structure chimique :

$$H.L.B = \sum nH + 7 - \sum nL$$

$\sum n H$ = Somme des valeurs des groupes hydrophiles

$\sum n L$ = Somme des valeurs des groupes lipophiles

Valeurs de quelques groupes hydrophiles et lipophiles :

Hydrophiles		Lipophiles	
	nH		n L
- O -	1,3	= CH -	0,475
- OH	1,9	- CH ₂ -	0,475
- COOH	2,1	- CH ₃	0,475
- COONa	19,1		

En faisant les calculs pour les n.paraffines, on aboutit au tableau :

Corps	n.C6	n.C7	n.C8	n.C9	n.C10
H.L.B	4,150	3,675	3,200	2,725	2,250
Corps	n.C11	n.C12	n.C14	n.C15	n.C16
H.L.B	1,775	1,300	0,935	-0,125	-0,600

On remarque que : le n.C6, n.C7, n.C8, n.C14, n.C15, n.C16, n.C12, ont des valeurs de H.L.B en dehors des limites "préconisées" par le tableau (paragraphe III.4 "partie théorique"), seuls le n.C9, n.C10, n.C11 adhèrent à cette classe.

Donc le n.C9, n.C10, n.C11 sont théoriquement aptes à être utilisés comme agents antimousses et, l'expérience le prouve où l'on a un effet antimousse relativement prononcé.

Quant au n.CI2, l'expérience ne concorde pas avec la théorie et pourtant, c'est le meilleur antimousse dans notre cas.

Explication

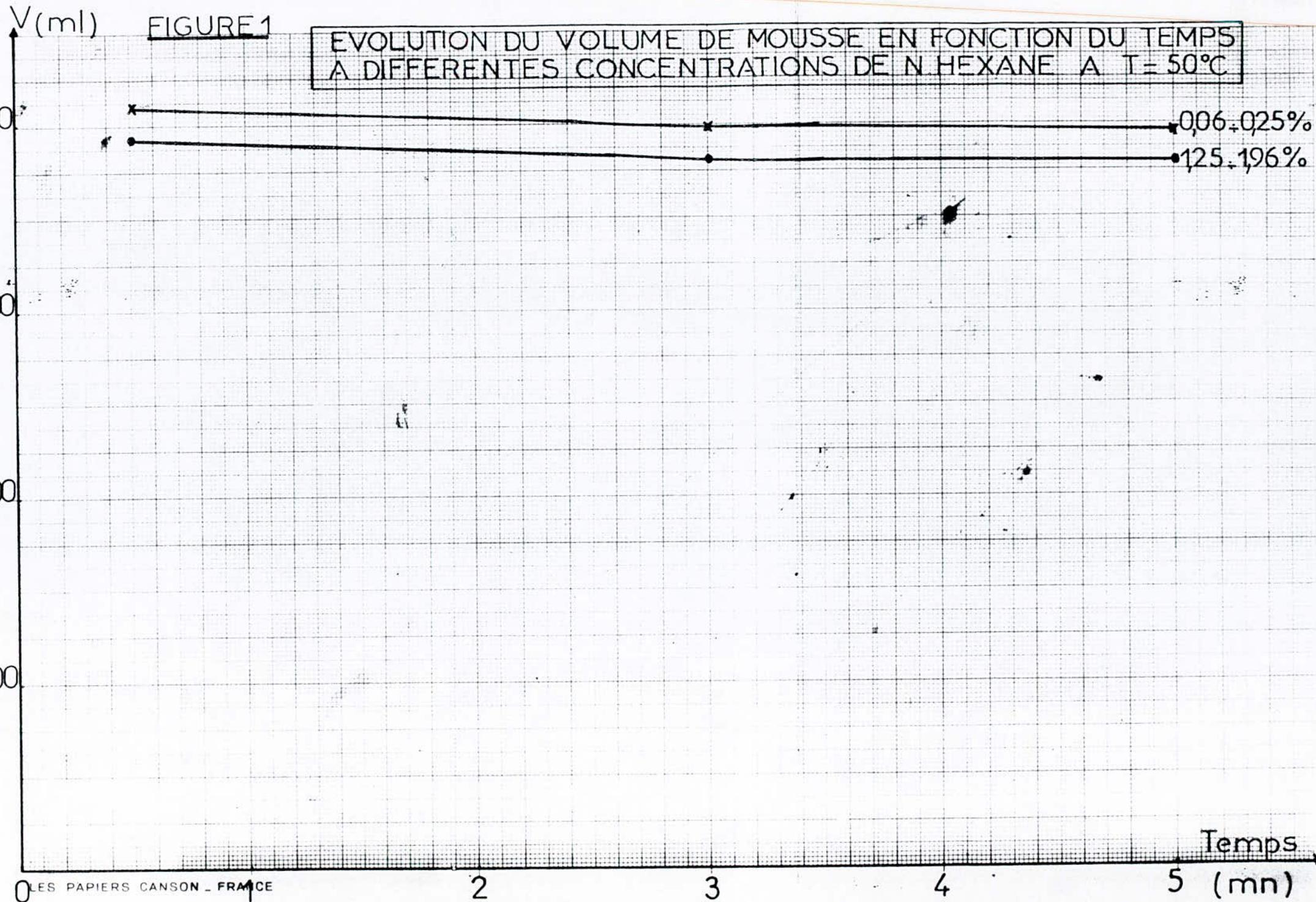
D'après divers auteurs(4), et nous serons de cet avis, il semble que le coefficient d'étalement où le degré d'insolubilité ne sont pas eux-mêmes des indices suffisants pour la détermination de l'efficacité; le principal facteur est l'aptitude de l'un ou plusieurs éléments dans l'agent antimousse à déplacer le film du composé moussant, adsorbé aux interfaces des phases.

La détermination de la valeur antimousse de certaines compositions réclame des études très poussées de manière à faire un choix; il est nécessaire de tester le produit antimousse dans différents milieux car il n'y a pas d'antimousse universel.

Pour le n.CI2, qui correspond à la partie linéaire de l'agent de surface de la poudre à laver "ISIS"; il présente peut-être ces éléments qui ont la propriété de "s'attaquer" très facilement aux films des bulles, et qui permettent leur éclatement.

Représentation graphique

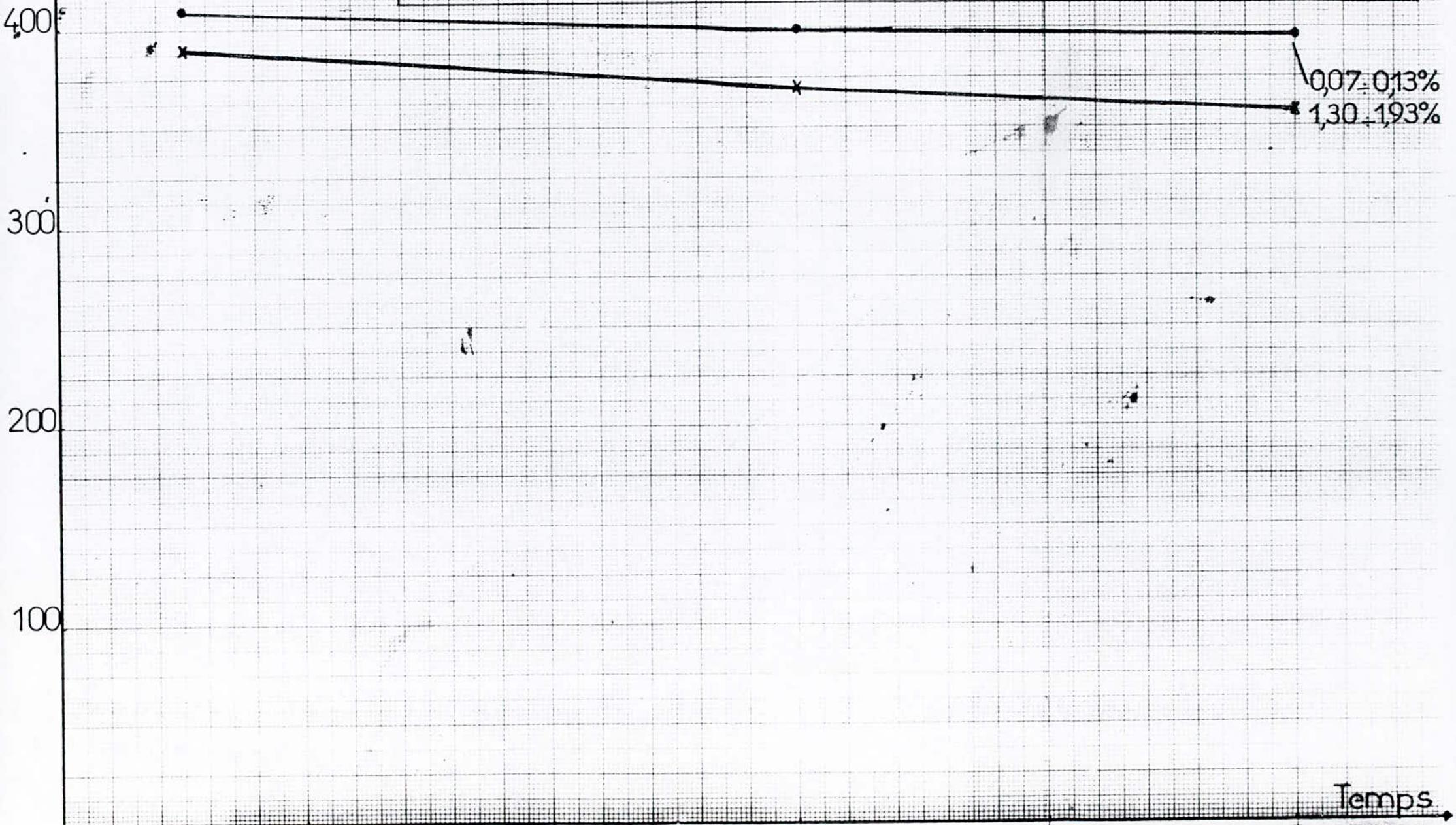
On donne ci-après, les courbes relatives aux résultats expérimentaux de tous les hydrocarbures paraffiniques utilisés pour mieux observer l'évolution du volume de mousse en fonction du temps (Fig. I à II).



V(ml)

FIGURE 2

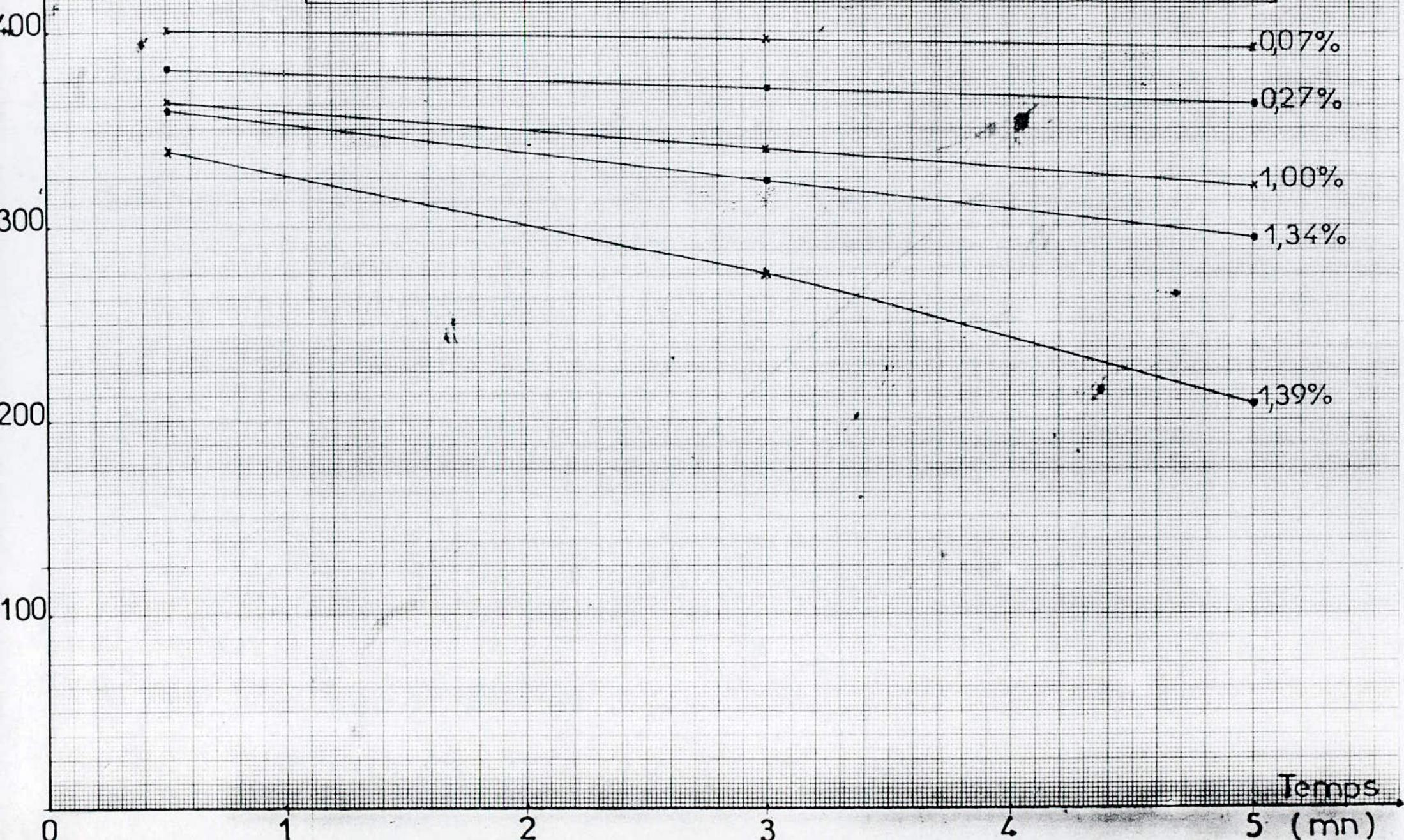
EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N-HEPTANE A T=50°C



0,07-0,13%
1,30-1,93%

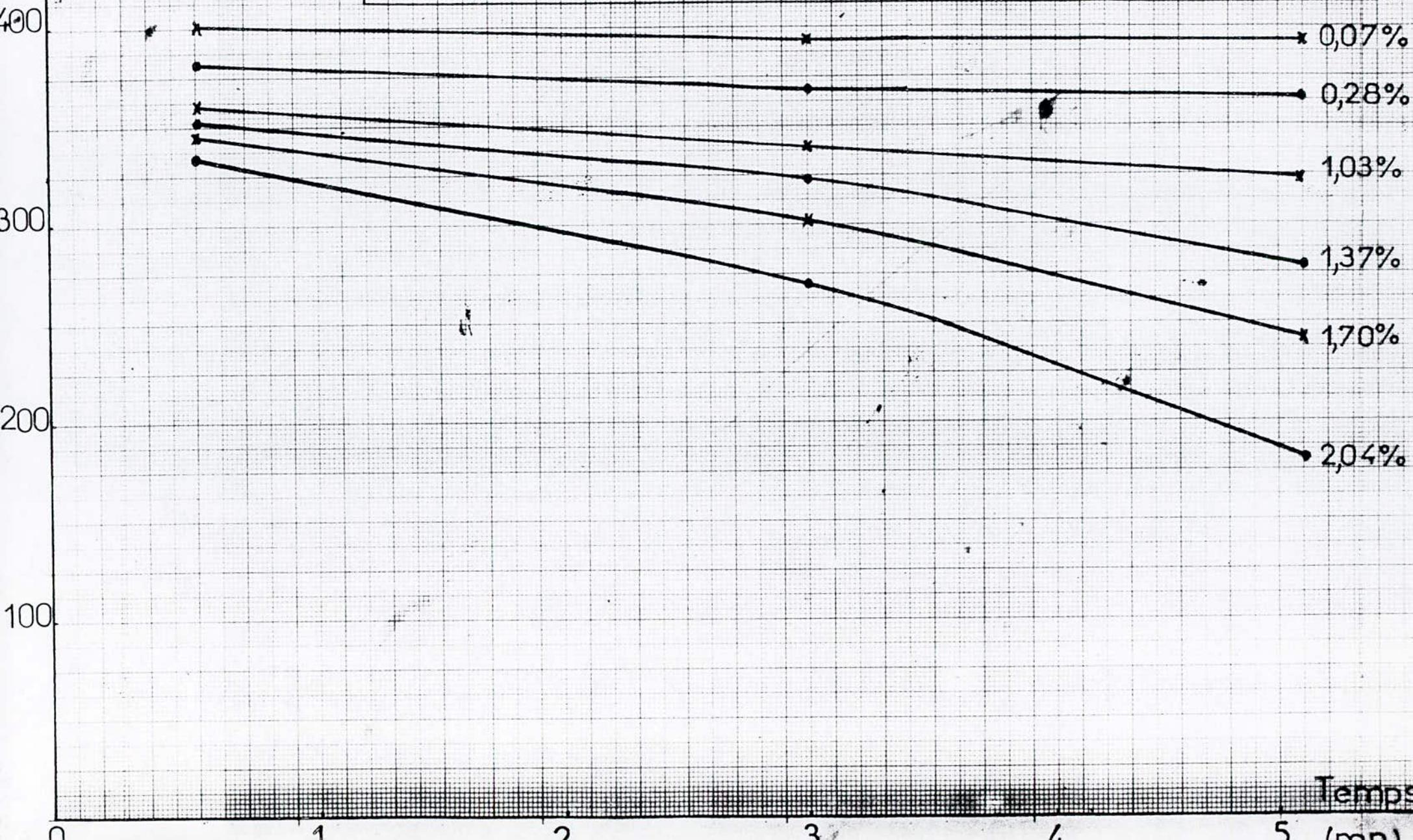
Temps (mn)

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N.OCTANE A T=50°C



V (ml) **FIGURE 4**

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N.NONANE A T=50°C



V(ml)

FIGURE 5

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N.DECANE A T=50°C

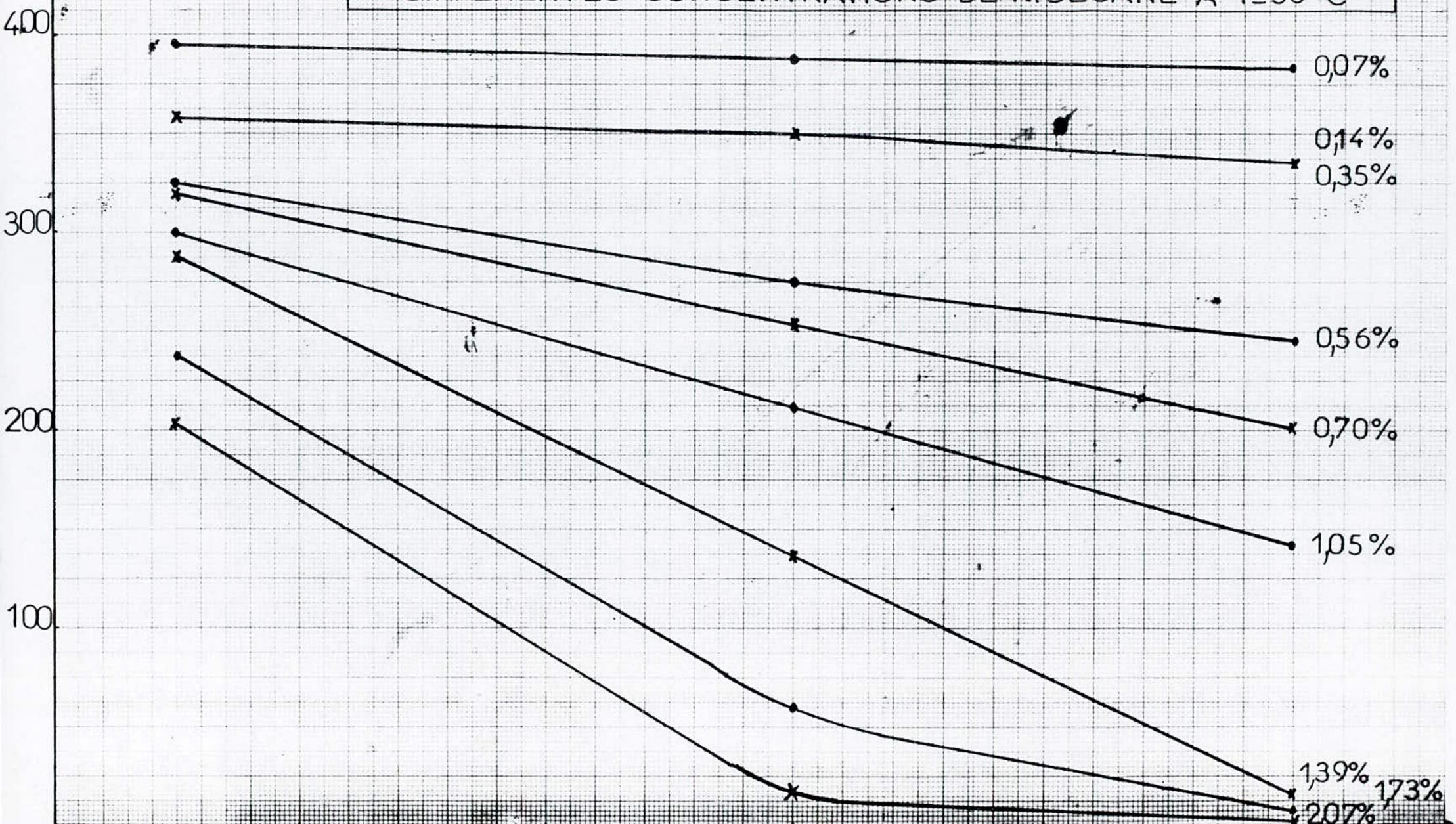
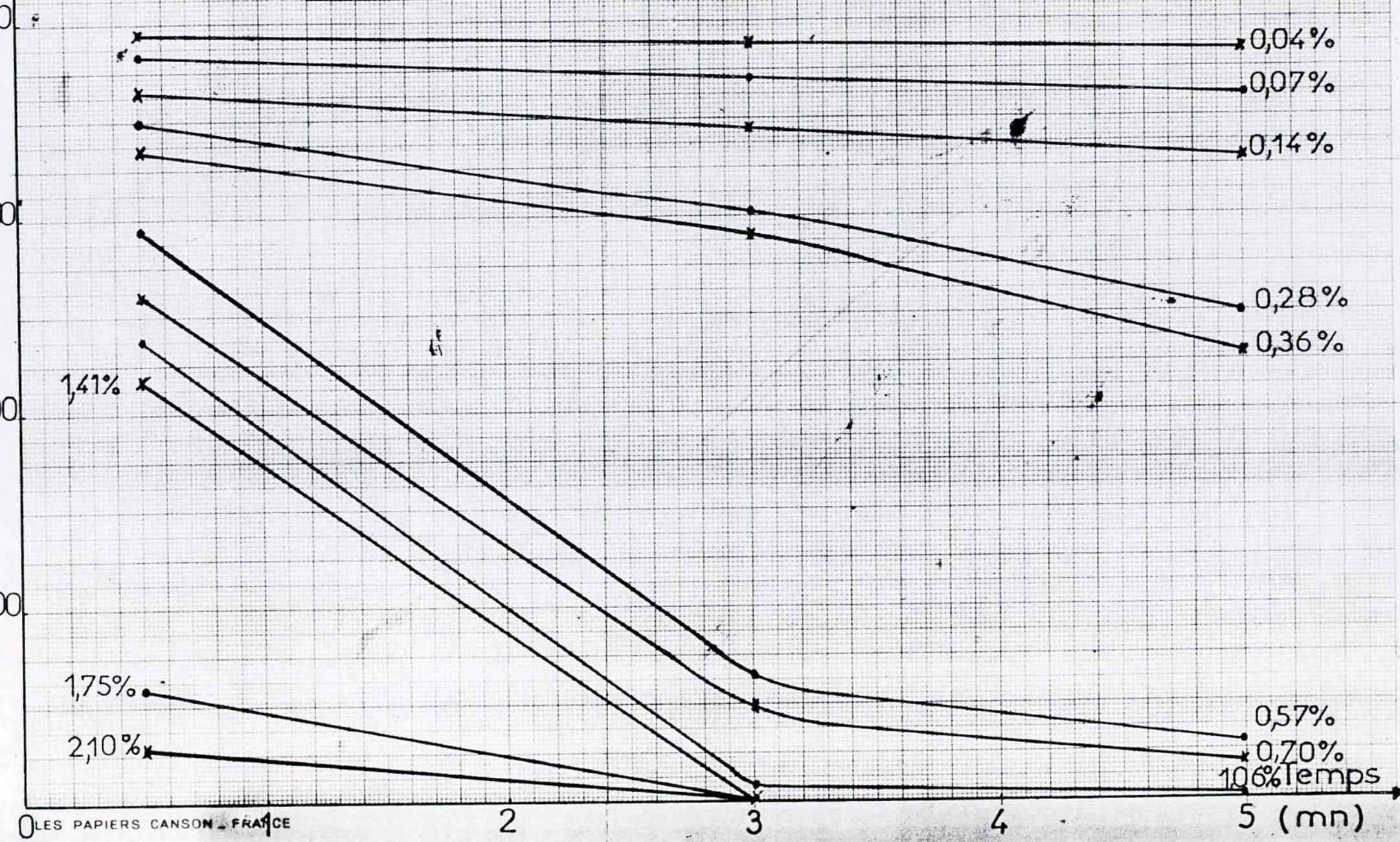
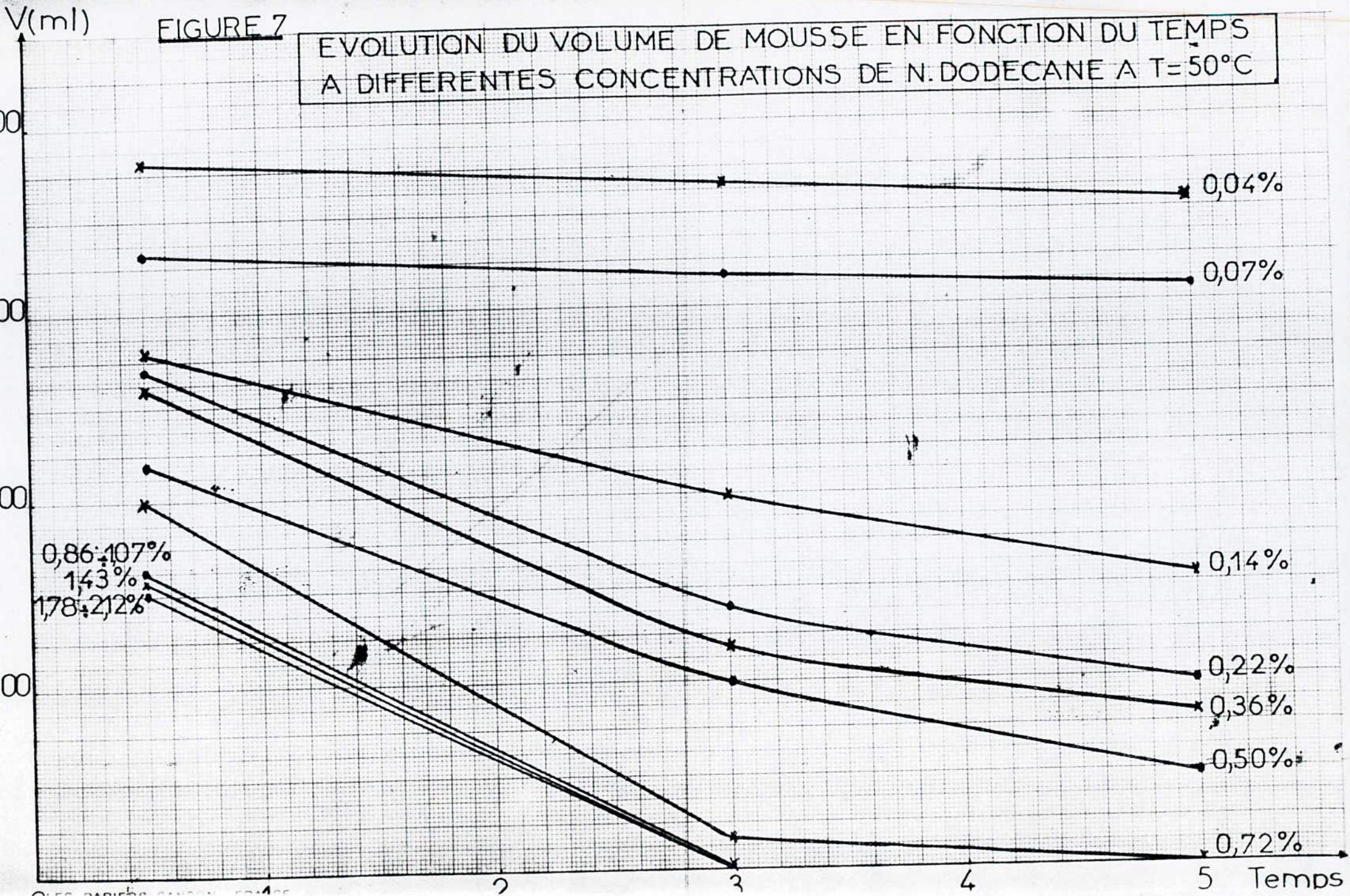


FIGURE 6
 EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
 A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N. UNDECANE A T=50°C





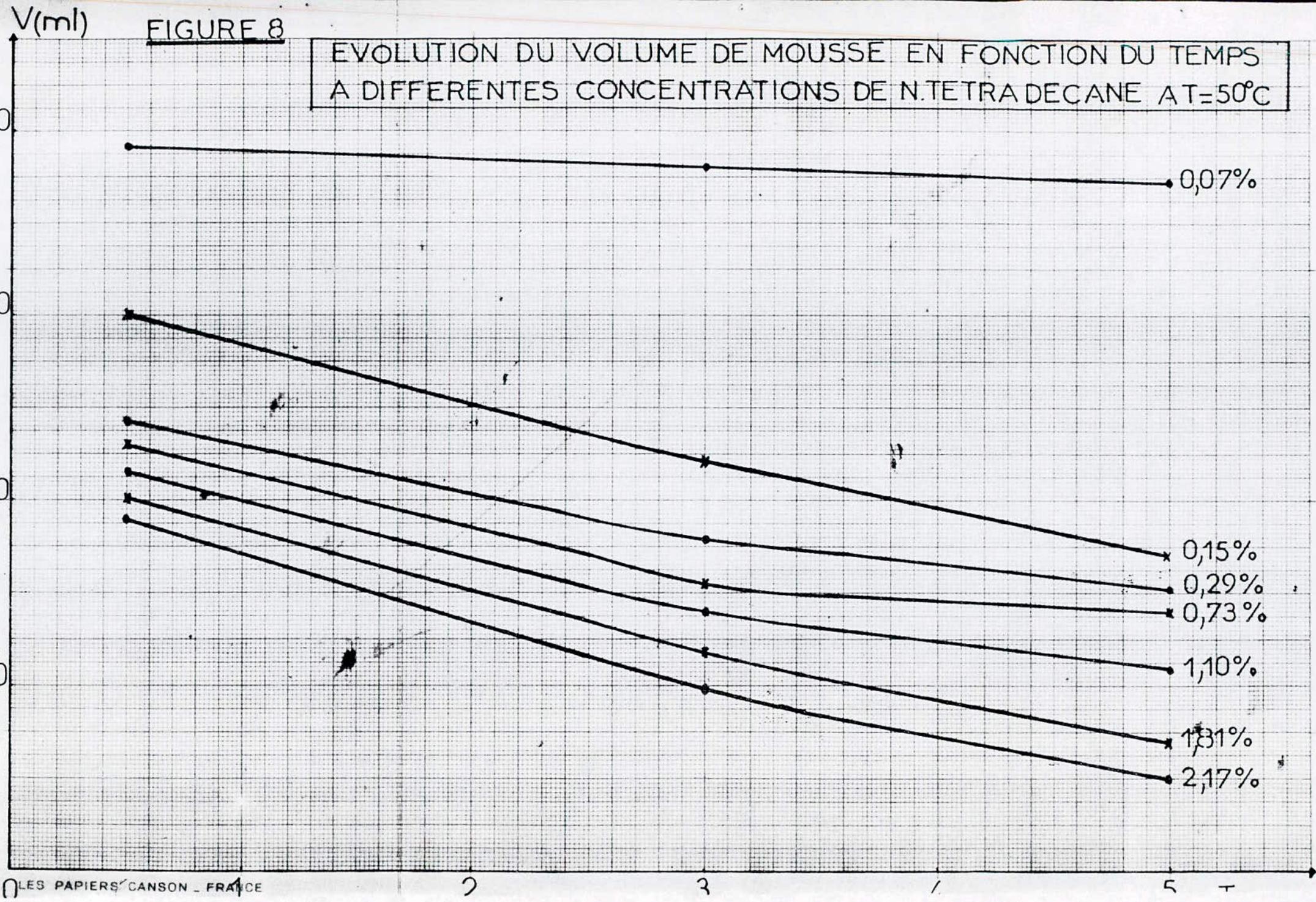


FIGURE 9

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE N.PENTADECANE A T=50°C

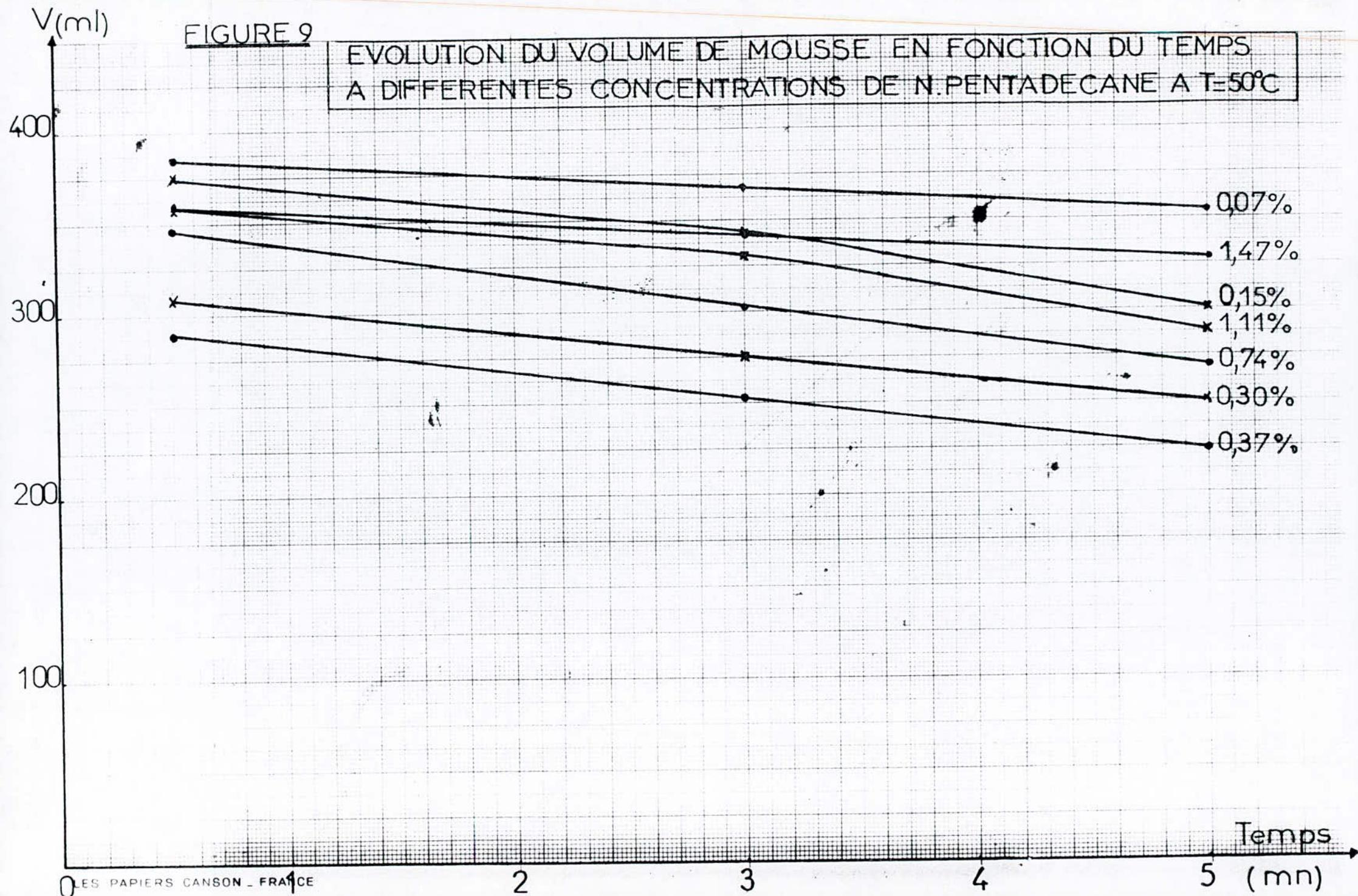
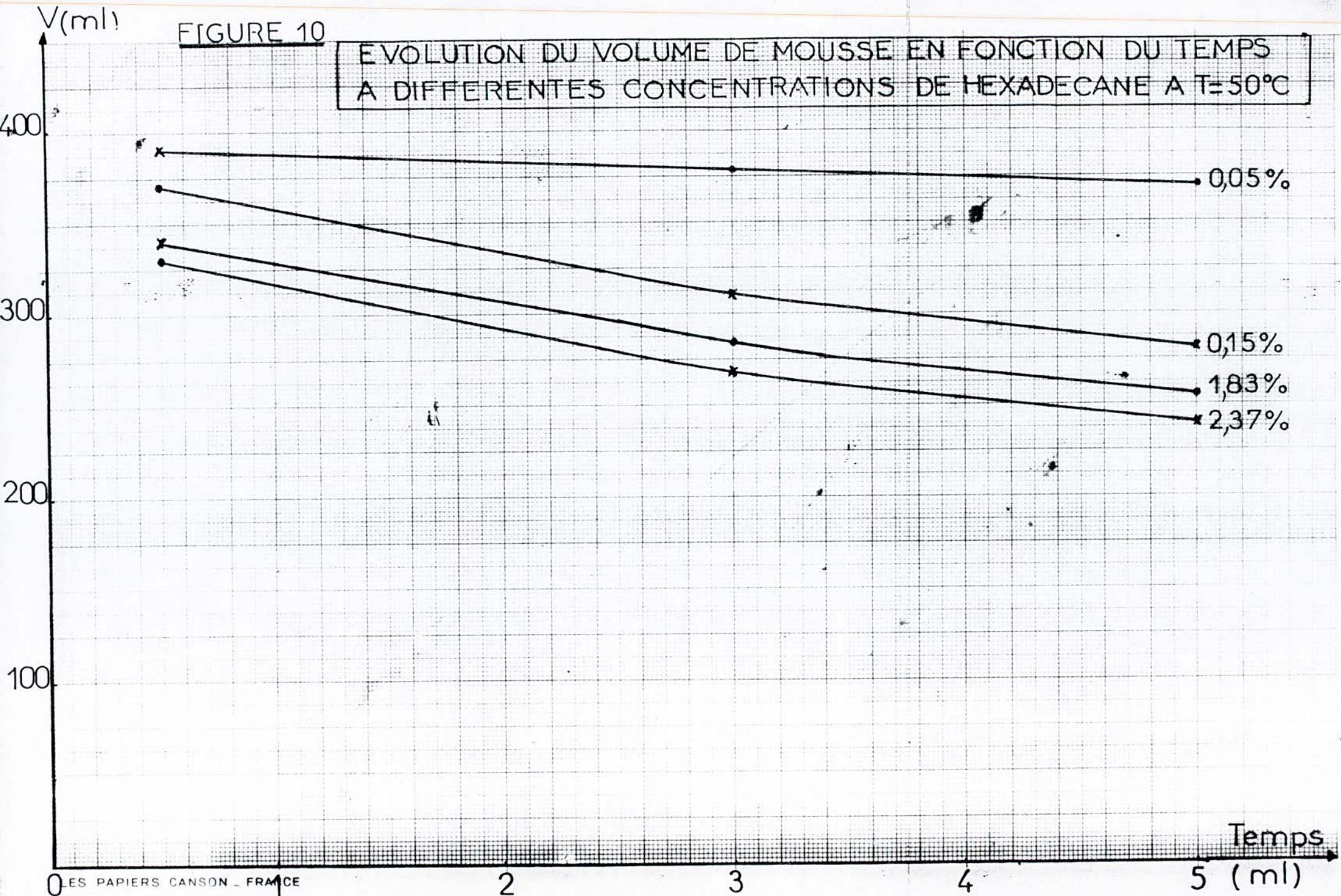


FIGURE 10

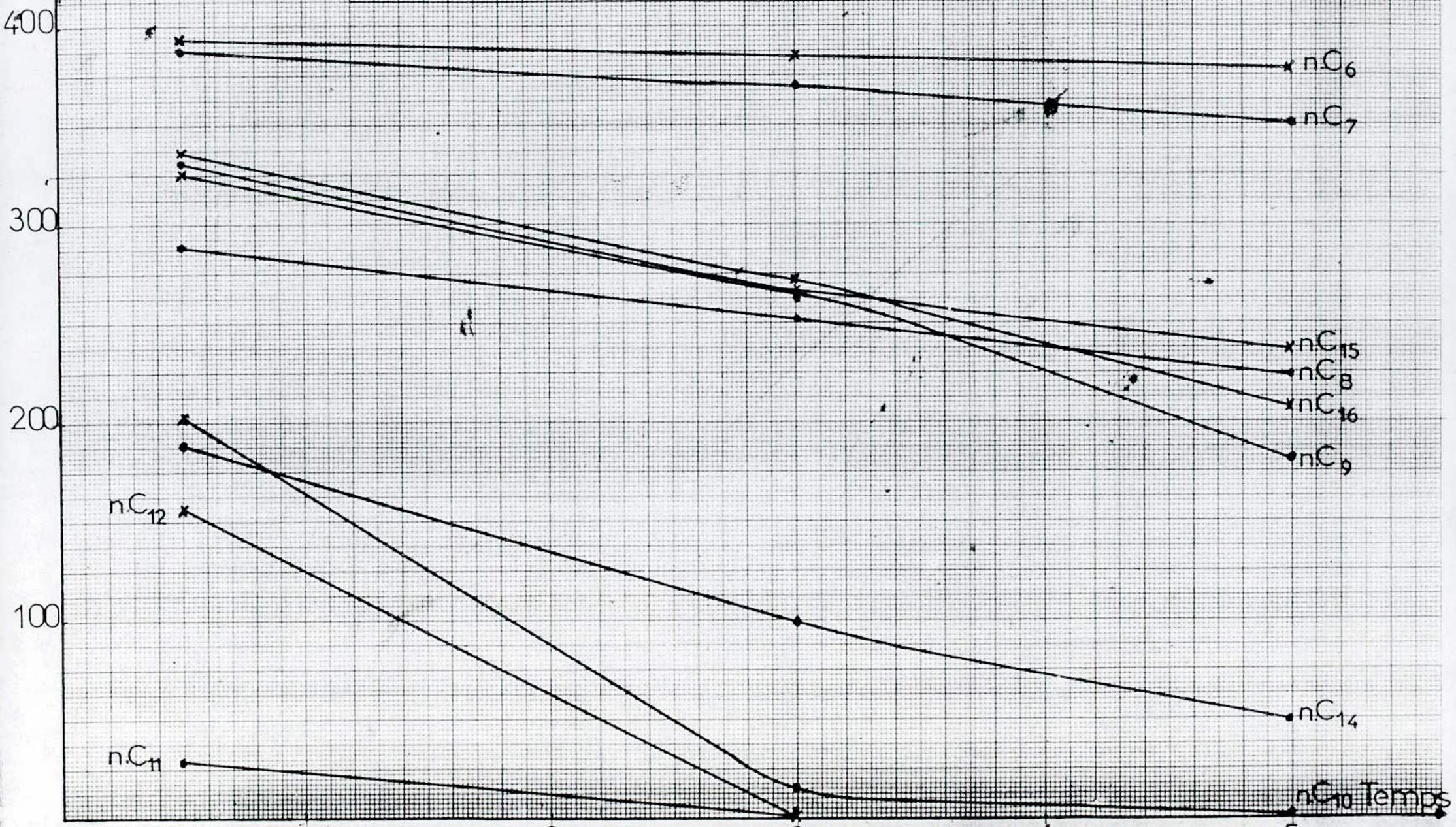
EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS DE HEXADECANE A T=50°C



V(ml)

FIGURE 11

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
 AUX CONCENTRATIONS OPTIMALES DES NORMALES PARAFFINES



INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

La température influe énormément sur le pouvoir moussant (voir tableau N°12). On remarque que l'effet antimousse du n.CI₂ utilisé à sa concentration optimale, n'est efficace qu'à un intervalle déterminé de températures.

Comme on pouvait s'y attendre la température favorise le pouvoir moussant, par conséquent, il serait intéressant de déterminer la quantité optimale d'agent antimousse non pas à 50°C mais à 18 - 20°C par exemple, qui est une température moyenne pour les eaux de surface.

L'expérience nous a montré qu'on arrive à éliminer définitivement la mousse au bout d'un volume ajouté de n.CI₂ égal à 30 ml, soit une concentration de 2,29 % - ce qui représente une concentration relativement importante.

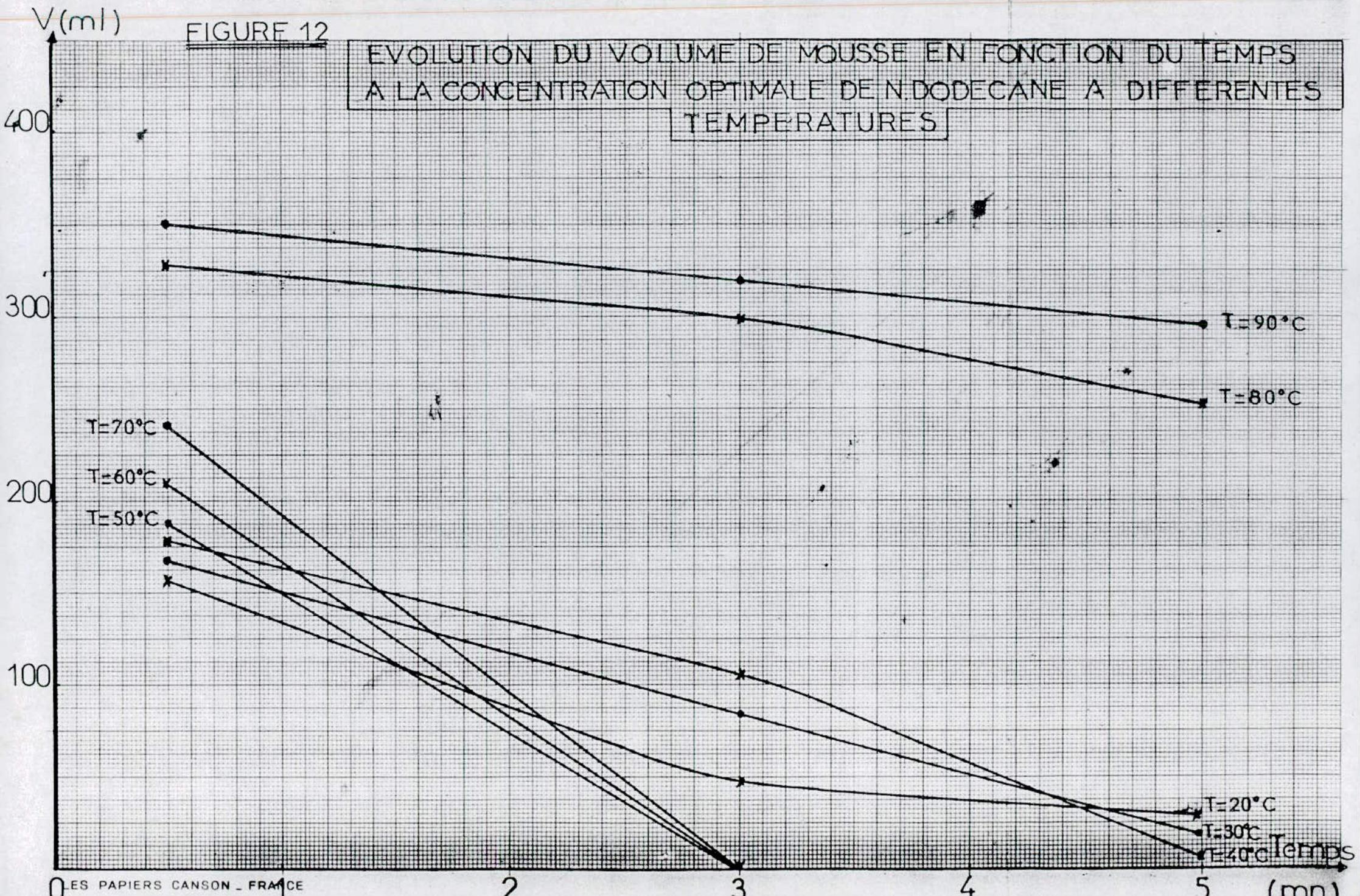
TABLEAU N° 12

Température (°C)	Temps (s)	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	V ₃ (ml)
20	78,01	155	50	30
30	77,21	170	80	20
40	76,17	180	110	50
50	75,07	190	0	0
60	75,38	210	0	0
70	75,27	240	0	0
80	74,57	330	300	255
90	74,19	350	320	295

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR
L'EFFET ANTIMOUSSE DU
N.DODECANE

FIGURE 12

EVOLUTION DU VOLUME DE MOUSSE EN FONCTION DU TEMPS
A LA CONCENTRATION OPTIMALE DE N.DODECANE A DIFFERENTES
TEMPERATURES



Les résultats obtenus et regroupés dans cette étude nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- En premier lieu, la poudre à laver "ISIS" est un détergent très moussant.
Sa mousse est stable même aux faibles concentrations, malgré la dureté élevée de l'eau de ville utilisée (600 ppm).
- L'étude de l'efficacité des hydrocarbures paraffiniques en tant qu'antimousses, a montré que seuls le n.dodécane et à un degré moindre le n.undécane semblent aptes à donner les meilleurs résultats,
C'est à dire, ceux dont la structure moléculaire s'apparente avec celle de la matière active de la poudre à laver "sulfonates en C₁₁ et C₁₂".
Pour les autres, on ne peut les utiliser en tant qu'antimousses vu qu'il nous faut de grandes quantités, ce qui entraîne des inconvénients sur le plan écologique.
- Par ailleurs, l'étude de l'influence de la température sur l'effet antimousse du n.dodécane utilisé à sa concentration optimale nous permet de dire que seules certaines températures, (50 - 70° C) appropriées favorisent énormément cette action.

A ces températures relativement élevées (50 - 70° C), le nC₁₂ devient plus fluide et s'étale donc plus facilement et plus rapidement qu'à plus basse température, ce qui explique sa meilleure efficacité.

A plus haute température 80° et plus, la mousse devient plus stable, et il sera plus difficile de l'"abattre".

Cette étude est nécessaire à une éventuelle utilisation des "normales paraffines" en tant qu'agents antimousses; on peut conclure le n.dodécane et le n.undécane, sont les plus efficaces dans le cas des détergents utilisés, et, en plus à température relativement élevée (50° C).

Il sera donc vivement conseillé à l'utilisateur de ne recourir à tel ou tel agent antimousse avant de tester son efficacité, après une étude poussée, qu'en fonction des caractéristiques du milieu à traiter et des conditions particulières d'utilisation.

SUGGESTION POUR L'AVENIR

Au terme de cette étude, nous espérons que la réalisation d'une installation de mesure du pouvoir moussant servira à l'étude des propriétés rhéologiques des solutions de détergents; que notre étude sur l'action antimousse intéressera nombre d'étudiants et de chercheurs et qu'elle sera poursuivie avec d'autres familles chimiques d'antimousses, en particulier avec l'utilisation de substances à groupements fonctionnels dans le but de trouver un jour, un composé très efficace, pas cher et surtout..pas toxique.

-o- B I B L I O G R A P H I E -o-
-oooooOoooo -

- 1) T. REIS : Introduction à la chimie- physique des surfaces tome I
Editions DUNOD PARIS - 1952 -
- 2) AM.SCHWARTZ et J.W.PERRY: Chimie et technologie des agents tensio-actifs
Editions DUNOD PARIS -1955 -
- 3) J.PORE : Les dispersions aqueuses
société des publications "Le Cuir " -1976 -
- 4) A.MAHLER : Les dispersions
Editions EYROLLES - 1972 -
- 5) S.CHITOUR : Chimie-physique des phénomènes de surface
O.P.U - 1979 -
- 6) S.CHITOUR : Cours de chimie des détergents
S.N.I.C -1975 -
- 7) G.EMSCHWILLER : Chimie-physique tome II
Presses universitaires de FRANCE, 2è Edition-1961-
- 8) J.ODAR : La chimie des surfaces
Presses universitaires de FRANCE -1973-
- 9) P.WUITHIER : Raffinage et genie-chimique tome I
Edition technip - 1972 -
- 10) B.R. Mc GREGOR : Les silicones et leurs emplois
Edition Eyrolles - 1955 -
- II) ANALYSE CHIMIQUE ET CARACTERISATION :
Techniques de l'ingénieur - 1987 -
- 12) Journal of chemical education N°31
Published by the division of the american^{some I} chemical
society - 1971 -
- 13) Manuel des méthodes d'analyse pour les détergents
SNIC - 1975 -
- 14) Manuel de contrôle qualité
Entreprise Nationale des détergents Unité - REHGAIA -
- 15) Analyse de l'eau J.RODIER, DUNOD, PARIS - 1984 -
- 16) Chimie organique A.DESSAERT, Editions De Boek - BRUXELLES 1985 -
- 17) "Détergent manufacture including Zeolite builerds, and other news
materiels", chemical technology review, N°128 - 1979 -

