

وزارة التربية الوطنية  
MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

*Genie Chimique*

# PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Étude des filtres séparateurs d'eau  
et leur régénération.*

Proposé par :

M<sup>r</sup> AHMED ZAID  
M<sup>me</sup> MEFTI

Etudié par :

M<sup>r</sup> MOHAMMEDI Houmad

Dirigé par

M<sup>r</sup> AHMED ZAID  
M<sup>me</sup> MEFTI  
M<sup>r</sup> IRBEH

PROMOTION

*Juillet 1993*

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية  
MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

*Génie Chimique*

# PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Étude des filtres séparateurs d'eau  
et leur régénération.*

Proposé par :

M<sup>r</sup> AHMED ZAIO  
M<sup>me</sup> MEFTI

Etudié par :

M<sup>r</sup> MOHAMMEDI

Dirigé par

M<sup>r</sup> AHMED ZAIO  
M<sup>me</sup> MEFTI  
M<sup>r</sup> IRBEN

PROMOTION

*Juillet 1993*

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents

Mes frères et soeurs

et à tous mes amis

## REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements à Messieurs T. AHMED ZAID, IRBAH, DJAMEL ainsi qu'à Madame MEETI, qui m'ont dirigé tout au long de cette étude et sans lesquels ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

Mes remerciements s'adressent aussi au Président et membres du jury, qui m'ont honoré de leur présence et qui ont bien voulu juger la qualité de ce modeste travail.

## SOMMAIRE

- I- INTRODUCTION
- II- EVOLUTION HISTORIQUE DU FILTRE ET DEVELOPPEMENT DE SON UTILISATION
- III- DESCRIPTION SOMAIRE DES FILTRES
- IV- LES DIFFERENTS TYPES DE FILTRES
  - 1- Elements coalescents de type A
  - 2- Elements coalescents de type B
  - 3- Elements coalescents de type C
  - 4- Elements coalescents de type D
  - 5- Elements coalescents de type E
  - 6- Elements coalescents de type F
- V- PRINCIPE DE LA COALESCENCE
- VI- PROCESSUS DE FILTRATION ET DE SEPARATION
- VII- EMPLACEMENT DES FILTRES DANS UNE RAFFINERIE
- VIII- ADDITIF SHELL ANTISTATIQUE
- IX- SPECIFICATION DES MATERIAUX
  - 1- Généralités
  - 2- Spécifications générales
    - 2-1 Grammage
      - 2-1-1 Appareillage
      - 2-1-2 Procédé
    - 2-2 Epaisseur
    - 2-3 Explosion
    - 2-4 Résine

**2-5 Volatilité**

2-5-1 Appareillage

2-5-2 Procédé

**2-6 Pore maximum**

**2-7 Pore moyen**

- Premier mode opératoire

- Deuxième mode opératoire

**2-8 Volume des pores**

**2-9 Seuil de filtrage et degré nominal de filtrage**

1- Seuil de filtrage

2- Degré nominal de filtrage

**2-10 Perméabilité**

**2-11 Pouvoir ou efficacité filtrante**

**2-12 Pouvoir d'accumulation**

**2-13 Sens de filtration**

**3- Différents types de papiers filtres**

3-1 Papier pour filtre à air

3-2 Papier pour filtre à huile

3-3 Papier pour filtre à gaz oil

3-4 Papier pour filtre à mazout

**PARTIE EXPERIMENTALE**

**I- MISE EN EVIDENCE DES PRINCIPAUX PRODUITS COLMATANTS LES FILTRES**

1- Examen au microscope

2- Test de repérage

3- Analyse par IR

4- Résultats

5- Interprétation du spectre IR de l'échantillon

## II- DIVERS MODES DE REGENERATION

## III- CALCUL DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DU PAPIER

1- Poids du papier

2- Résistance à l'explosion

3- Epaisseur

4- Diamètre du pore maximum

5- Diamètre du pore moyen

## IV- CONCLUSION GENERALE

## ANNEXES

PARTIE THEORIQUE

## I- INTRODUCTION

La raffinerie d'Alger nous a proposé d'étudier d'un point de vue scientifique, les filtres utilisés pour la séparation de l'eau du kérosène.

L'étude relative au problème soulevé, par la raffinerie (valeur de la conductivité électrique non conforme aux spécifications) a guidé notre approche pour évaluer ce problème.

En effet, il y a une étroite corrélation entre la chute de la conductivité électrique et la durée de vie de ces filtres.

Cette chute peut s'expliquer par une éventuelle rétention d'un produit appelé ASA3 ( voir page I5 ), servant à ajuster la conductivité électrique à la valeur spécifiée.

Nous allons par conséquent chercher tout au long de cette étude à isoler et identifier cet additif dans les divers médias filtrants, constituant les filtres séparateurs d'eau.

Connaissant l'agent colmatant, nous essaierons de proposer un éventuel moyen de régénération et par la même , une prévention pour une utilisation ultérieure. Ce qui permettra de résorber le problème posé.

Le prix d'un filtre s'évalue en moyenne à 2000 ff, la raffinerie utilisant deux batteries de 11 filtres chacune, le remplacement se faisant 3 à 20 fois par an, le coût de ces filtres, leur stockage constituent des arguments convaincants pour étudier les possibilité de leur régénération.

## II- EVOLUTION HISTORIQUE DU FILTRE ET DEVELOPPEMENT DE SON UTILISATION

La filtration a connu des progrès immense dans divers domaines, notamment avec l'apparition des moteurs necessitant des lubrifications et des carburants propres. La naissance de tels moteurs s'est accompagnée par l'invention de filtres très élaborés sur le plan technologique. Ainsi depuis les années 1930 déjà, le filtrage des huiles lubrifiantes commençait à faire l'objet d'études et d'essais, même si auparavant ce phénomène n'était pas considéré comme un problème majeur.

Le domaine des filtres se développa lorsque nait le besoin d'améliorer la technologie des moteurs. Ainsi le développement des filtres s'ajuste au processus évolutif parallèle du développement des moteurs. Il évolue discrètement entre 1930 et 1950 lorsque on a commencé à fabriquer des filtres à base:

- de déchets tassés d'étoffes, de papiers, de copeaux de bois durs.
- de treillis métalliques à mailles serrées.
- de draps enroulés sur des chassis de soutien.
- d'agglomérés de résines différentes.

Les éléments filtrants ainsi obtenus étaient interchangeables et ils assuraient ainsi un seuil de filtrage absolu (voir page 30) de 100 à 150 microns environ.

Dans les années 1950, la qualité des filtres fût considérablement améliorée, grâce à l'utilisation en grande série du papier plissé (voir page 20 ). Le seuil de filtrage absolu s'abaissa aux environs de 60 à 80 microns mètres. Les principaux inconvénients de cette nouvelle solution étaient:

- l'étanchéité-ancrage du papier sur les couvercles de l'élément filtrant,
- le traitement et le pliage du papier.
- la fermeture des contenants

Le papier spécial renforcé par des fibres synthétiques et des traitements spéciaux, pouvait résister à une pression différentielle élevée et permettre une certaine amélioration du seuil de filtrage. [ 3 ]

Dans le domaine de l'aéronautique où les spécifications imposées aux carburants sont encore plus sévères, les constructeurs ont réussi à développer des filtres de très haute performance. En effet le carburéacteur ne doit contenir ni des débris solides, ni des traces d'eau, car sinon cela entraînerait à

basse température ( $-50^{\circ}\text{C}$  ) et aux altitudes de croisière, un risque sérieux de bouchage des filtres et canalisations par formation de cristaux de glace. De plus ces traces d'eau peuvent causer un risque de corrosion et d'usure des dispositifs de commande et de régulation, elles peuvent par ailleurs favoriser le développement microbien dans l'oléoreseau de l'avion. Il est à noter que tout le long du chemin que le carburant parcourt, depuis la raffinerie jusqu'à l'oléoreseau de l'aéroport, pour enfin par des oléoserveurs arriver à l'avion, des filtres séparateurs d'eau sont intercallés sur chaque point de transbordement. De même les avitailleurs d'aérodrome sont aussi équipés par ces filtres.

Du fait de leurs caractéristiques exceptionnelles de séparation et de filtration, ces filtres sont de plus en plus utilisés dans de nombreux domaines industriels pour le nettoyage des hydrocarbures bruts, intermédiaires et finis. Leur utilisation se retrouve aussi dans les raffineries et autres complexes chimiques et pétrochimiques (tels que l'industrie des peintures et vernis), dans les centrales électriques, et de façon générale aux endroits où une grande efficacité de séparation est exigée. On les retrouvera notamment à bord des navires ( salle des machines, ou dans le système de transbordement des citernes quand ces navires sont utilisés pour le transport d'hydrocarbures par exemple ), dans les camions-citernes de transport d'hydrocarbures, dans les oléoducs et dépôts pétroliers. Ils sont aussi utilisés pour l'épuration, des huiles minérales fluides, des carburants diesel, des fuels, gas oil et pétrole. [ 1 ]

### III- DESCRIPTION SOMMAIRE DES FILTRES [ 1 ]

Ces filtres sont composés principalement de deux parties:

- Les éléments en papiers pliés et tôles d'acier inoxydables, ayant pour fonction respective la pré-filtration des particules solides et le maintien de la forme cylindrique du filtre.
  
- Les éléments coalescents et séparateurs dont la fonction est d'assurer la séparation de l'eau et débris solides des carburants aviation et autres hydrocarbures ( voir fig. n° 1 ).

Une norme de qualité élevée est imposée depuis le découpage jusqu'à la finition définitive, en passant par le pliage et le bobinage des éléments constitutifs des filtres.

Les éléments coalescents sont soumis à de constants essais, de contrôle de qualité et test d'homologation confirmant leurs multiples possibilités d'utilisation.

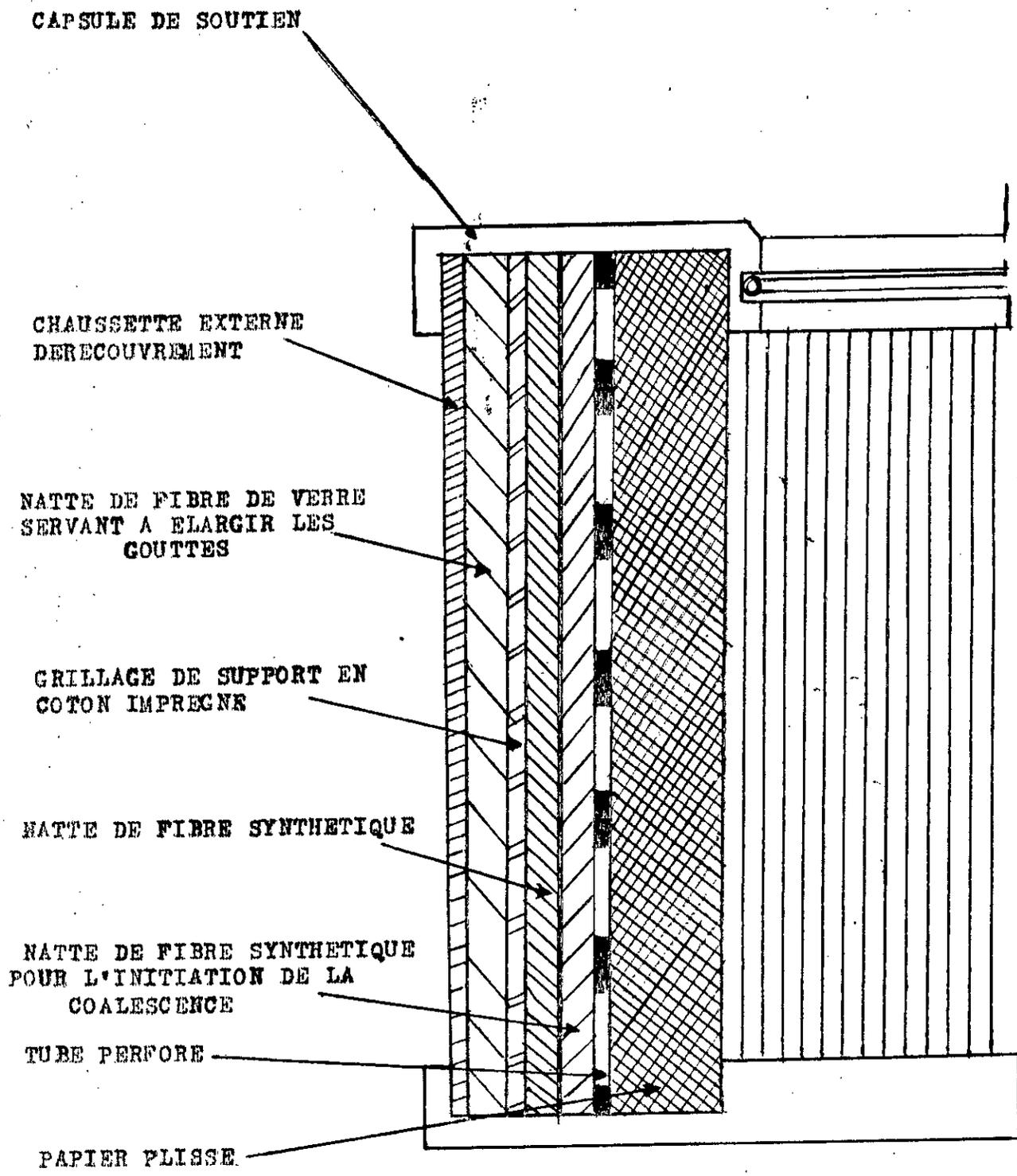


fig I- COUPE LONGITUDINALE D'UNE CARTOUCHE DE  
 COALESCENCE [ 4 ]

#### IV- LES DIFFERENTS TYPES DE FILTRES [ 1 ]

##### 1- Eléments coalescents type A

Finesse de filtration environ 7  $\mu$

- Partie papier plissé : à plissage uniforme: papier constitué de mélange de cellulose - fibres synthétiques avec grillage d'écartement et de support en coton imprégné de résine.

-Partie enroulée : En nattes de fibres de verres, nattes de fibres synthétiques, grillage de support en coton imprégné de résine, gaine tricôtée en coton à l'extérieur.

Application : principalement dans les raffineries pour l'épuration de produits intermédiaires, dans les navires et stations de déchargement de navires, pour la séparation de l'eau et la filtration des carburants diésel.

##### 2- Eléments coalescents type B

Finesse de filtration environ 1  $\mu$

- Partie papier plissé : à plissage uniforme, papier constitué de mélange de cellulose et fibres de verres avec tissu non tissé filtrant et grillage d'écartement et de support en coton imprégné de résine.

- Partie enroulée : en nattes de fibres de verres, nattes de fibres synthétiques, grillage de support en coton imprégné de résine, gaine tricôtée en coton à l'extérieur.

- Application : selon les exigences des spécifications militaires.

### 3- Elements coalescents type C

Finesse de filtration environ 1  $\mu$ .

- Partie papier plissé : avec semi-plis intermédiaires, papier constitué de mélange de cellulose-fibres de verres avec tissu non tissé et grillage d'écartement et de support en coton imprégné de résine.

- Partie enroulée : en nattes de fibres de verres,

nattes de fibres synthétique, grillage de support en coton imprégné de résine, gaine tricôtée en coton à l'extérieur.

- Application : selon les exigences des spécifications militaires.

#### 4- Element coalescents type D

Finesse de filtration environ 1  $\mu$ .

- Partie papier plissé : avec semi-plis intermédiaires, papier constitué de mélange de cellulose-fibres de verres avec tissu non tissé filtrant et grillage d'écartement et de support en coton imprégné de résine.

-Partie enroulée : en nattes de fibres de verres, nattes de fibres synthétiques, grillage de support en coton imprégné de résine et enveloppe en métal déployé à l'extérieur.

-Application : selon les spécifications des exigences militaires.

## 5- Element coaléscent type E

Finesse de filtration environ 1  $\mu$ .

- Partie papier plissé : à plissage uniforme papier constitué de mélange de cellulose-fibres de verres avec tissu non tissé filtrant et grillage d'écartement et de support en coton impregné de résine.

- Partie enroulée : en nattes de fibres synthétiques, grillage de support des fibres de verres, gaine tricôtée en coton à l'extérieur.

- Application : ce sont des éléments de rechange.

## 6- Elément coaléscent type F

Finesse de filtration environ 1  $\mu$ .

- Partie papier plissé : avec semi-plis intermédiaires, papier constitué de fibres de verres avec tissu non tissé filtrant et grillage d'écartement et de support en coton impregné de résine.

- Partie enroulée : en nattes de fibres de verres grillage de support des fibres de verres et grillage de support en coton imprégné de résine, gaine tricôtée à l'extérieur.

- Application : éléments de haut rendement selon les exigences du bulletin API, éléments homologués par toute les sociétés pétrolières.

#### IV- PRINCIPE DE LA COALESCENCE [ 8 ]

Une goutte quelconque considérée, dans une phase continue peut présenter différents types de comportements:

- Stagnation complète.
- Mouvement de convection interne
- Déformation.
- Oscillations.

Et lorsque les gouttes de la phase dispersée se rencontrent dans le milieu agité plusieurs cas peuvent se présenter.

- Elles se touchent puis se séparent sans modification de taille ( rebondissement élastique)
- Elles restent accolées sans modification de taille

- Elles fusionnent pour donner une goutte plus grosse :

Il y a alors coalescence. Ce phénomène peut être représenté par une force d'interaction  $F$  qui tend à maintenir les gouttes accolées s'opposant à la force  $f$  de l'écoulement qui tend à les séparer. D'une façon générale la fréquence de rencontre et de coalescence est d'autant plus élevée que la concentration en phase dispersée est plus grande .

On admet alors que dans un système à degré d'agitation non homogène ( cas le plus fréquent) il pourra y avoir coalescence dans les zones peu agitées et refractionnement dans les zones fortement agitées ou à gradient de vitesse élevé.

On peut cependant accélérer la coalescence par contact de parois solides ou par action d'un champ électrique, les parois solides utilisées sont:

- Des plaques perforées
- Des tôles ondulées
- Des garnissages
- Des lits fibreux
- Des fils tissés en grillage ou matelats.

Les systèmes dont le matériau mouille la phase dispersée sont les plus efficaces. Les garnissages de mouillabilité mixte tel qu'un mélange de fils d'acier inoxydable et de propylène sont les plus performants.

Dans le cas fréquent où les deux phases présentent une

différence suffisante de conductivité électrique, on peut coalescer des gouttes très fines de phase conductrice aqueuse dans une phase isolante ( organique ). Un champ électrique de 5 à 10 kv réduit des entrainement de 0.5 à 1 % en volume jusqu'à des valeurs de 0.003 % dans un égaliseur électrostatique à temps de séjour de 20 à 30 mn.

#### V- PROCESSUS DE FILTRATION ET DE SEPARATION [ 1 1

Le processus de filtration et de séparation comporte deux phases. La première se situe à l'étage coaléscent. La traversée des éléments de l'intérieur vers l'extérieur conduit à l'arrêt des particules solides jusqu'à 1  $\mu$  et moins dans les couches de papier plissé en étoile. La séparation du mélange d'eau et de carburant commence en parallèle dans les plis du papier. L'emulsion traverse ensuite la partie coaléscente de l'élément filtrant. Ses caractéristiques d'hydrophobie et d'hydrophilie conduisent à la coalescence de fines gouttes d'eau, grâce au freinage, à l'accélération et à la déviation du flux liquide. Ces petites gouttes se regroupent en grosses gouttes et finissent par tomber dans le collecteur d'eau, du fait de leur poids spécifique

important.

Le deuxième étage sépare les plus fines gouttelettes d'eau entraînées par le flux de carburant dans le filtre séparateur d'eau, puis tombent également dans le collecteur d'eau.

Tous les filtres séparateurs d'eau fonctionnent sur le même principe bien que leur conception et la disposition des éléments soient différentes. Le deuxième étage peut comporter un ou plusieurs éléments séparateurs de formes géométriques différentes.

Notons que la présence du papier plissé est très importante du fait

- Qu'il réduit graduellement la vitesse de l'écoulement qui sera communiquée au milieu coalescent et de ce fait la coalescence de gouttes sera favorisée

- Qu'il constitue un élément de pré-filtration, cela va augmenter la durée de vie d'un filtre.

La figure 2 ci-contre, explique le processus d'évolution des gouttelettes d'eau à travers les différentes couches filtrantes.

## VI- EMPLACEMENT DES FILTRES DANS UNE RAFFINERIE [ 5 ]

A la sortie de l'unité de distillation, le carbureacteur est

● CONTAMINANT SOLIDE

○ GOUTTE DE LA PHASE DISPERSÉE

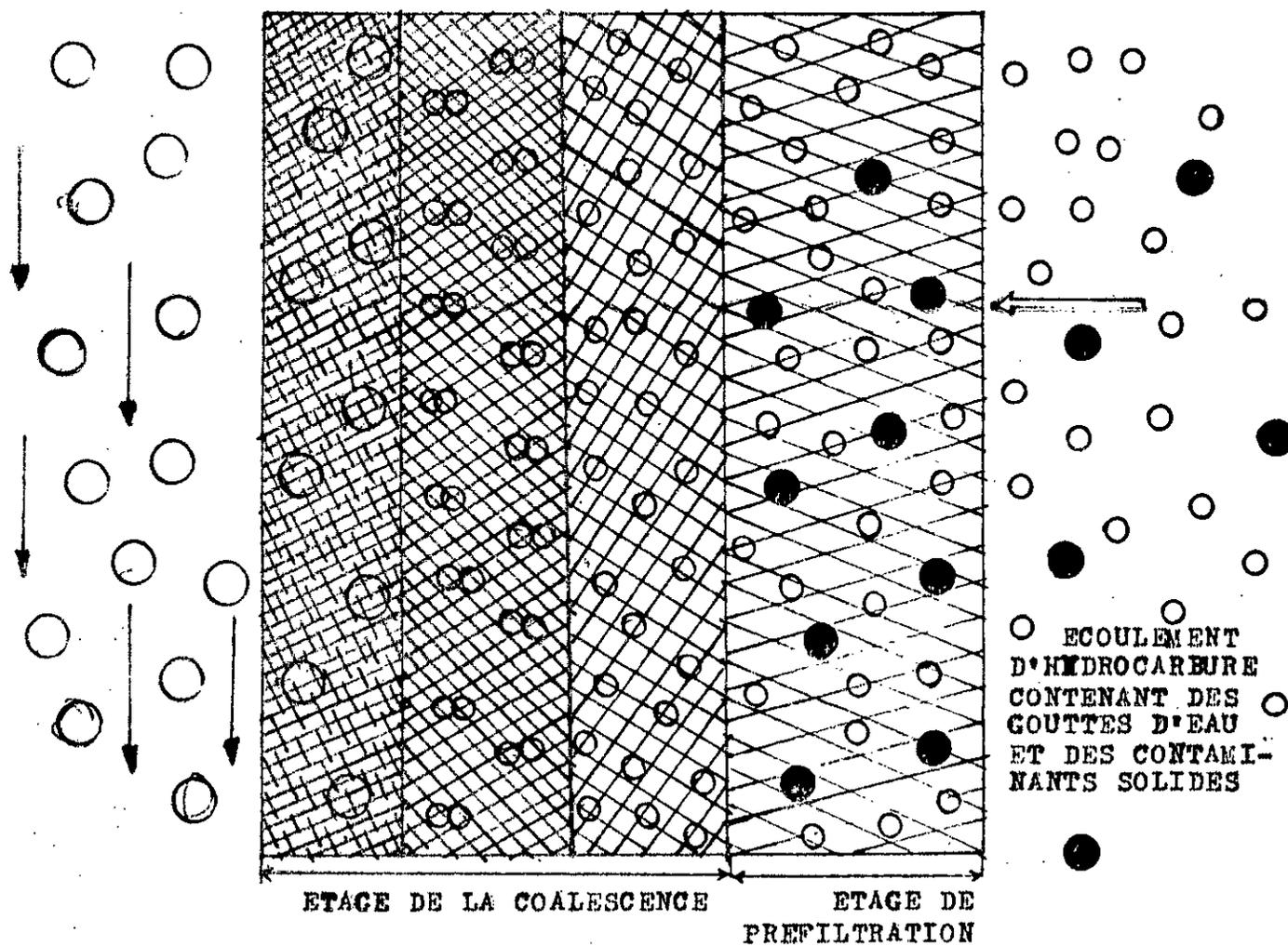


FIG - 2 REPRESENTATION DU PROCESSUS DE COALESCENCE [4]

neutralisé par une solution de soude afin d'extraire les acides naphthéniques qui agissent comme stabilisateur d'émulsions eau dans les hydrocarbures et de ce fait sont indésirables dans les coupes de pétrole et tout particulièrement dans les carburéacteurs.

Notons que la concentration de la soude doit être faible ( 1 à 5 % ) pour que les sels produits par la réaction de neutralisation soient solubles dans la phase aqueuse, sinon ils seraient entraînés dans l'hydrocarbure. A la sortie de la zone de neutralisation le carburéacteur est envoyé vers un précipitateur électrostatique afin de séparer l'eau en suspension résultant de la neutralisation du carburéacteur. A la sortie du précipitateur ce dernier est dopé avec une quantité d'ASA3 ( 1 ppm ) pour ramener la conductivité électrique à une valeur répondant à des normes internationales ( 9 4 page 18 ). Le carburéacteur est ensuite envoyé dans les bacs de stockages et avant d'être expédié il passe enfin par la batterie de filtre séparateur d'eau afin d'éliminer les traces d'eau et autres impuretés restantes. ( voir figure 3 ).

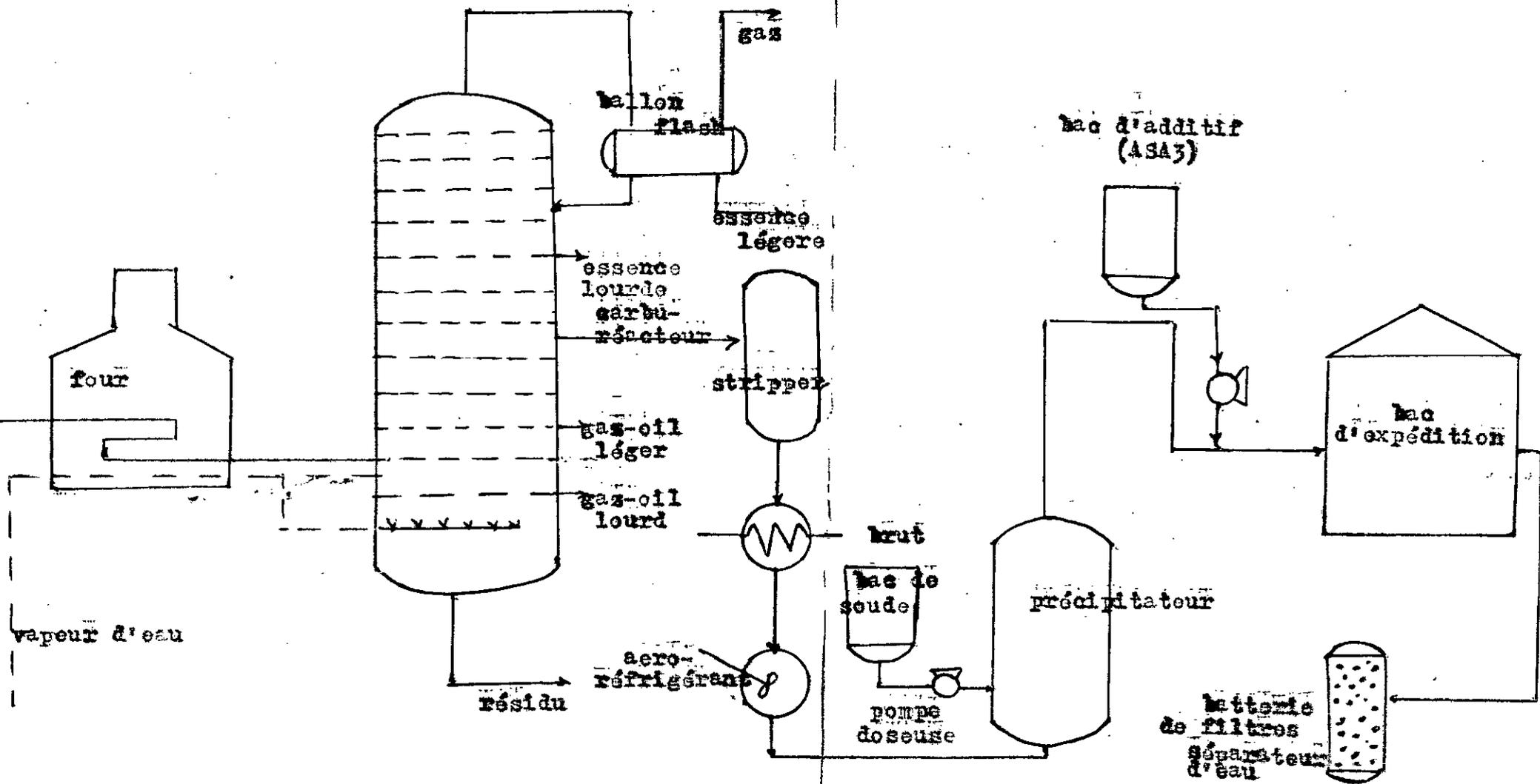


fig-3 disposition des différentes installations d'une raffinerie [

## VII- ADDITIF SHELL ANTISTATIQUE ASA3 [ 2 ]

### 1- INTRODUCTION

Les débits rapides sont devenus de nos jours une nécessité économique dans la manipulation des produits pétroliers. Le coût de transport peut être réduit. Une autre tendance récente est la demande de fuel plus propre rendant commune l'opération de filtration en particulier pour les fuels aviations.

Ces trois facteurs, débit rapides, filtration et manipulation de produits plus propres favorisent la formation d'électricité statique.

Lorsqu'un fuel est pompé à travers une ligne ou filtre, il se charge électriquement. Cette charge peut devenir suffisamment importante pour provoquer des étincelles dans le milieu air/vapeur de fuel lorsque le fuel vient au contact de l'air, amenant ainsi d'importants risques d'incendies. En fait de telles étincelles ont provoqués dans le passé des accidents sérieux dans de nombreuses installations manipulant des produits pétroliers en vrac, ce danger ne se limite pas au fuel, mais également aux solvants hydrocarbonés et de nombreux autres produits chimiques utilisés dans des industries.

## 2- FORMATION ET DISSIPATION DES CHARGES

Presque tous les liquides contiennent des ions, on aurait pu penser qu'un produit hydrocarboné puisse être une exception, mais il s'est avéré en pratique que même les produits hydrocarbonés les plus purs possèdent une conductivité mesurable et par conséquent contiennent quelques ions provenant de composés à l'état de traces. La concentration de ces ions dans les produits hydrocarbonés est le plus souvent extrêmement faible.

A l'interface entre un liquide et un autre composé que ce soit un solide ( par exemple un liquide dans un bac ), un liquide (deux liquides immiscibles ) ou un gaz (par exemple de l'air au dessus d'un liquide ) il y a une tendance à la séparation des ions positifs et négatifs, ions qui normalement coexistent en équilibre. Les ions de même polarité se rassemblent à l'interface, alors que les ions opposés restent dans le liquide.

Ainsi, si un liquide est contenu dans un tube ce dernier rassemblera les ions positifs tandis que le liquide se chargera de la quantité correspondante d'électricité négative contenue dans les ions négatifs.

Quand le liquide se déplace dans la ligne il transportera de ce fait plus d'ions négatifs que positifs donc une électricité négative jusque dans le réservoir de stockage. Un liquide ainsi chargé ne restera pas ainsi indéfiniment mais perdra sa charge au contact des parois du bac. Ce processus est rapide si le liquide contient beaucoup d'ions et un tel liquide est dit posséder une

haute conductivité. Si la conductivité du liquide est faible, la charge accumulée ne peut se dissiper rapidement et le liquide reste chargé sur une période plus longue.

Les matières de base, les intermédiaires et les produits finis de raffineries et pétrochimiques contiennent des ions dans une concentration de l'ordre de  $10 \exp(-11)$  à  $10 \exp(-12)$  ions-gr/l. Ils contiennent donc suffisamment d'ions pour se charger électriquement, bien que leurs conductivités soient si faibles que la charge ne peut se dissiper. De ce fait des charges considérables peuvent se former dans ces liquides. Elles peuvent se dissiper lentement par conductivité, mais aussi par étincelle entre la surface du liquide et un autre objet ( les parois du réservoir ). Si cette étincelle se crée dans un milieu de gaz inflammable, il s'en suit une explosion.

Les effets électriques très forts, ont particulièrement été remarqués lors du pompage des produits pétroliers additionnés d'eau.

### 3- LA REPONSE AU PROBLEME.

Le risque peut être réduit par une manipulation correcte des produits et en observant les règles de précautions bien connues telles que la mise à la terre de tous les équipements.

En raison des conditions actuelles, les fuels doivent être manipulés avec des débits rapides et il devient impossible de

s'assurer des charges électrostatiques. La seule méthode sûre de prévenir la formation de telles charges est d'accroître la conductivité des fuels.

La plupart des produits de raffineries ont des conductivités de l'ordre de 1 à 10 picomhos/m, niveau auquel ce produit présente un danger. Les diverses recherches des laboratoires SHELL ont montré que lorsque la conductivité d'un fuel était amenée à un niveau de l'ordre de 50 picomhos/m, par addition d'un produit contenant des ions, le fuel était sûr du point de vue électrostatique. Il est préférable cependant d'assurer une marge de sécurité en amenant la conductivité des produits au niveau de 200 à 300 picomhos/m. Cette opération peut être faite facilement et économiquement avec l'additif SHELL antistatique ASA3.

#### 4- L'ASA3

Il est constitué d'un mélange en parties égales de sel de chrome d'acide mono et dialleylesalicylique et de didecylsulfosuccinate de calcium.

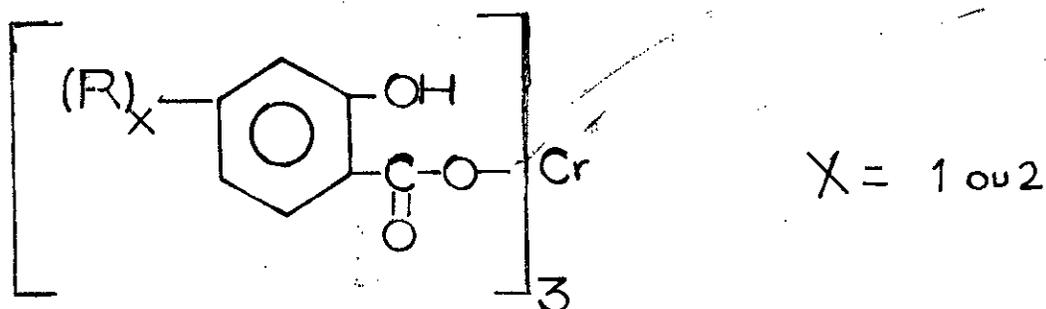
C'est un produit mis en solution ( dans du xylène ) du fait qu'il contienne un stabilisant polymère.

( voir formule développée au verso ).

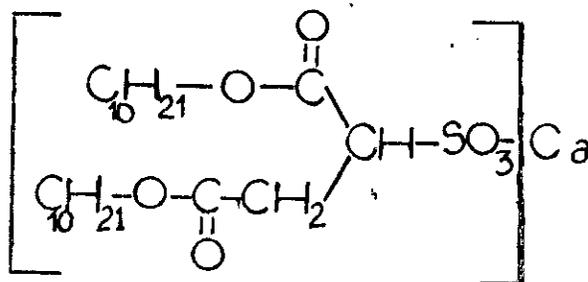
Une dose de l'ordre de 0.6 à 1 ppm ( 1 ppm = 1 kg/1000 m<sup>3</sup> ) pour tous les produits les protège pour une longue période de la formation de charge électrostatique.

Pour la plupart des produits, le niveau standart d'addition

de 0.6 ppm conduit à des conductivités de l'ordre de 200 à 300 picomhos/m.



SEL DE CHROME D'ACIDE MONO ET DIALLELYLSALICYLIQUE



DIDÉCYLSULFOSUCCINATE DE CALCIUM

## **IX-SPECIFICATION DES MATERIAUX ( Papier filtre ) [ 3 ]**

### **1 - GENERALITES**

Le papier filtre sert à séparer les particules solides du fluide, dans lequel elles sont dispersées. Il est normalement imbibé de résine phénolique et ce à fin de garantir l'usinabilité ( pliage ) aussi bien au couteau qu'au rouleau.

Tous les papiers filtres ont soit des lignes imprimées à l'encre sur un côté, soit ils présentent les deux faces avec des couleurs différentes; ceci afin de reconnaître le sens de filtration. Cela est prévu de par le système de fabrication du papier pour différentier le côté plus compact et moins perméable de l'autre. par conséquent on a une meilleure filtration si le fluide rencontre d'abord le côté plus perméable, puis le côté moins perméable.

La construction de filtres à carburant se fait à l'aide de papier filtre brut aux crêpes plus ou moins marquées.

Il existe des papiers filtres à double couche dont l'une plus perméable est formée essentiellement de fibres longues et l'autre moins perméable formée essentiellement de fibres courtes. De cette façon, la première couche remplit la fonction de pré-filtre, alors que la seconde complète la filtration.

## 2 - SPECIFICATIONS GENERALES

### 2-1- Grammage

C'est la masse en gramme d'un  $m^2$  de papier. Il est déterminé soit sur le papier imbibé, soit sur le papier polymérisé. Il s'exprime en  $g/m^2$ .

#### 2-1-1- Appareillage

- emporte-pièce mesurant  $100\text{ cm}^2$
- balance analytique avec une précision de  $0.01\text{ g}$
- four à circulation d'air et un thermostat ayant à  $200^\circ\text{C}$  une précision de  $1^\circ\text{C}$ .
- un chronomètre avec une précision de  $1\%$

#### 2-1-2- Procédé

- Découper deux échantillons de papier imbibés avec l'emporte pièce.

- Peser l'un des deux avec la balance analytique.

La valeur relevée est multipliée par  $100$  pour avoir le grammage du papier imbibé.

- Introduire le deuxième échantillon dans le four qui est à la température de  $160^\circ\text{C}$  et le laisser de dans pendant  $5\text{ mn}$ .

- Peser l'échantillon polymérisé, la valeur relevée est multipliée par 100 pour avoir le grammage.

### 2-2- Epaisseur

Elle est déterminée sur papier lisse ou gaufré, déjà polymérisé dans la poêle.

La mesure est effectuée à l'aide d'un micromètre sans poids avec un tateur plan dans le cas d'un papier lisse, avec tateur en pointe dans le cas de papier gaufré, on fait pénétrer la pointe dans la partie la plus profonde du gaufrage .

Il est nécessaire de prendre plusieurs mesures et prendre comme épaisseur la moyenne arithmétique de toutes les mesures .

### 2- 3- Explosion

C'est la valeur qui mesure la résistance du papier à une poussée (pression). ( voir schéma en annexe 7 ).

- L'essai est effectué aussi bien sur le papier imbibé que sur le papier polymérisé .

- La surface d'essai est de 7 cm<sup>2</sup>, le manomètre de lecture est réglé de 0 à 5 bars, il est muni d'un index qui, après l'explosion reste fixé sur la valeur maximale de pression atteinte.

- On effectue 4 essais et on prend la moyenne arithmétique des 4 valeurs.

## 2- 4- Résine

C'est la quantité de résine sèche qui se trouve sur le papier. Cet essai est effectué sur du papier imbibé .

La valeur finale est exprimée en pourcentage de résine sèche.

L'essai est effectué de la façon suivante :

- Peser 2 échantillons de papier imbibé d'environ 5 g chacun.
- Sur l'un des deux ,déterminer le pourcentage de substance volatile (§ 2-5 page 24 ).
- Placer l'autre échantillon découpé en petits morceaux dans un extracteur "soxhelt" en utilisant de l'acétone comme solvant.
- Poursuivre l'extraction pendant 3 à 4 h jusqu'à ce que le solvant dans la partie supérieure de l'extracteur soit incolore.
- Eloigner le solvant et débarasser l'extracteur de tous les bouts de papier, puis les faire sécher dans un four à 105 °C pendant 2 h .
- Peser tous les bouts de papier, en les enlevant rapidement du poêle.
- Calculer le pourcentage de résine sèche sur le papier de la façon suivante:

$$\% \text{ résine} = ( 1 - (B/A) * (0,01/V) ) * 100$$

Où:

- A: poids du papier imbibé  
B: poids du même papier quand il est à sec (après extraction par solvant)  
V: pourcentage de substance volatile

### 2- 5- Volatilité

C'est le pourcentage de substance qui se volatilise en chauffant le papier imbibé à 160 °C pendant 5 mn.

#### 2-5-1- Appareillage

- Balance analytique ayant une précision de 0.01 g .
- Poêle à circulation d'air .

#### 2-5-2- Procédé

- Peser un échantillon de papier imbibé de 5 g environ avec la balance analytique .
- Introduire le papier dans le poêle et le cuire pendant 5 mn à la température de 160 °C .
- Sortir rapidement l'échantillon du poêle et le peser tout de suite après.

La relation suivante donne la valeur de la volatilité en pourcentage :

$$\% \text{ volatilité} = (A - B) * 100 / A$$

où:

A : poids du papier imbibé

B : poids du papier cuit

## 2- 6- Pore maximum

On définit comme pore maximum la mesure en micron ( $\mu$ ) du diamètre du plus grand pore qui se trouve sur le papier. Cette mesure est purement théorique car en réalité les pores n'ont pas une section circulaire.

Cette valeur sert à comparer les différents types de papier ou à contrôler l'uniformité d'un papier.

### - Procédé

( l'appareil est schématisé en annexe page 7 )

- Découper 3 disques de 80 mm de diamètre environ .
- Introduire un disque dans l'appareil de mesure et remplir la cuvette qui est au-dessus du papier d'alcool éthylique anhydre jusqu'à son débordement.
- Ouvrir graduellement le robinet de refoulement de l'air jusqu'à ce que la première bulle d'air apparait dans l'alcool.

- Lire la valeur de la pression correspondante qui est donnée en mm de H<sub>2</sub>O .

La mesure du pore maximum est obtenu par la formule suivante:

$$DM = 408 * S / (P - (H * D))$$

où:

DM: diamètre du pore maximum en micron .

S : tension superficielle du fluide utilisé (dynes/cm)  
pour l'alcool éthylique S = 22.4 dyne/cm .

P : la pression correspondant à la formation de la première bulle (mm H<sub>2</sub>O) .

H : la hauteur du fluide au-dessus du papier .

D : densité du fluide utilisé .

408 : facteur de conversion .

### 2-7- Pore moyen

C'est la mesure du diamètre des pores moyens. Elle est exprimée en micron.

#### - Premier mode opératoire

La procédure est la même que pour la détermination du pore maximum, mais on continue à ouvrir le robinet de refoulement d'air

jusqu'à observer plusieurs bulles dans l'alcool (cette méthode est appelée méthode de la pluie) .

Le diamètre du pore moyen est donné par la même formule que pour le diamètre du pore maximum.

#### - Deuxième mode opératoire

L'appareillage utilisé est schématisé en annexe ~~page~~ 8

- Introduire la feuille de papier filtre de 50 cm<sup>2</sup> de surface dans l'appareil.
- Etablir un écoulement d'air de 65 m<sup>3</sup> par heure et lire la perte de charge en mm de colonne d'eau. Effectuer la même opération avec des écoulements croissants, de façon à obtenir des pertes de charge comprise entre 600 et 1800 mm H<sub>2</sub>O.
- Avec ces valeurs, tracer un diagramme ayant pour abscisse les pertes de charge et pour ordonnée les débits. Le graphique obtenu est linéaire.
- Plonger le même échantillon dans de l'huile et laisser pendant 5 mn.
- Enlever ensuite l'échantillon et laisser égoutter.
- Refaire la même procédure que pour le papier sec, en commençant par débit initiale de 15m<sup>3</sup> par heure.
- On trace sur le même diagramme le graphique obtenu

avec cet échantillon imbibé.

- Placer un point B sur le premier graphique, un point A sur le deuxième graphique et un point C sur l'axe des abscisses, de façon à ce que:  $AB = AC$  ( voir graphe ci- dessous).

- La valeur du diamètre moyen est donné par la formule:

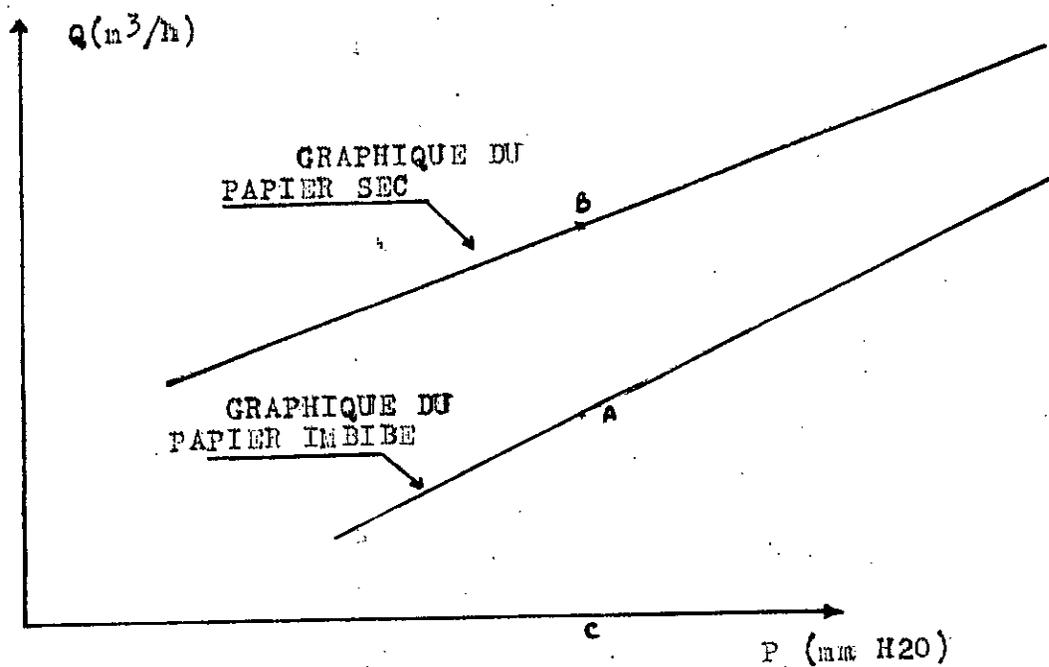
$$D_m = 408 * S / P_m$$

où :

$D_m$  = diamètre du pore moyen en  $\mu$

$S$  = tension superficielle de l'huile (  $S = 28.3$  dynes/cm)

$P_m$  = pression moyenne correspondant au point C



GRAPHE  $Q = f(P)$

## 2-8- Volume des pores

Le volume des pores du papier filtre est donné par le pourcentage du volume du vide par rapport au volume total apparent du papier.

Cette valeur ne peut être déterminée que sur le papier filtre non imbibé.

Cette valeur est déterminée par la formule suivante:

$$V_p = (V_v/V_t) \cdot 100$$

avec:

$$V_v = V_t - V_f$$

$$V_f = P/D$$

$$V_t = 1m^2 \cdot S$$

où:

$V_t$  : Volume total de 1 m<sup>2</sup> de papier ( en mètre cube )

$S$  : épaisseur du même papier ( en mètre )

$V_f$  : Volume total des fibres ( en mètre cube )

$P$  : poids de 1 m<sup>2</sup> de papier ( en Kg/m<sup>2</sup> )

$D$  : densité de la cellulose ( = 1580 Kg/m<sup>3</sup> )

$V_v$  : volume du vide ( en mètre cube )

## 2-9- Seuil de filtrage et degré nominal de filtrage

### 1- Seuil de filtrage

C'est le diamètre de la plus grande particule baignant dans un fluide (l'eau) qui réussit à traverser le papier filtre. Les particules utilisées sont des microsphères en verre (leurs dimensions vont jusqu'à 70  $\mu$ ). L'appareillage utilisé est du type millipore muni d'un microscope ayant un dispositif capable de mesurer le diamètre des microsphères.

Le résultat donne le diamètre de la plus grande particule qui a traversé le filtre .

La procédure est la suivante :

- Dissoudre un agent de dispersion dans l'eau et acidifier le milieu avec de l'acide chlorhydrique ( pH = 4.5) et ce pour empêcher la formation d'agglomérés de microsphères.

- Prélever 25 cc de la solution ainsi préparée et ajouter 150 mg de perles de verre , en agitant fortement.

- Placer le filtre (de surface 8.6 cm<sup>2</sup>) dans l'appareil millipore, verser la suspension dans son entonnoir, effectuer un filtrage en dépression et recueillir le filtrat dans une éprouvette.

- Ajouter dans l'éprouvette 3 à 5 cc de glycérine limpide Il est à noter que les particules de verre tendent à se déposer au fond de l'éprouvette , la glycérine étant lourde, sera la première à se déposer au fond de l'éprouvette et aura pour rôle

de les rassembler.

- A l'aide d'un compte-goutte de longueur convenable , pipetter la couche de glycérine en évitant d'aspirer l'eau .
- Observer au microscope la couche de glycérine .
- Mesurer le diamètre des plus grandes particules se trouvant dans cette couche de glycérine , avec un oculaire gradué.

Cette mesure donne le seuil de filtrage .

## 2- Degré nominal de filtrage.

C'est une mesure en  $\mu$ , utilisée dans le domaine commercial. Elle signifie que le matériel filtrant est en mesure de retenir 90% des particules ayant la dimension indiquée.

## 2-10- Perméabilité

C'est la mesure quantitative de la possibilité à se laisser traverser plus ou moins facilement par un flux de fluide .

Elle est exprimée en (1/s.m) .

### 2-11- Pouvoir ou efficacité filtrante

C'est la capacité du média filtrant à retenir le contaminant auquel il est soumis.

Elle est donnée par la formule suivante:

$$\eta \% = 100 * G1 / (G1 + G2).$$

Où:

$\eta$  % : Pouvoir filtrant

G1 : poids du contaminant retenu en g.

G2 : poids du contaminant non retenu en g.

### 2-12- Pouvoir d'accumulation

C'est le poids du contaminant retenu par une unité de surface et unité de perte de charge.

### 2- 13- Sens de filtration

C'est la direction du mouvement du fluide par rapport au média filtrant. Il est nécessaire de mettre en évidence le sens de filtration, quand on a à faire à des matériaux présentant deux faces de porosité différentes. La surface la plus compacte est

appelée "côté toile", elle est située à la sortie du fluide.

Il est ainsi possible d'exploiter au maximum les caractéristiques de rétention du matériau filtrant et d'obtenir un filtrage plus homogène puisque le fluide passe d'abord à travers le côté le plus poreux.

De cette façon, on a un accroissement graduel du degré de filtrage. Si le sens était inversé, on aurait un encrassement prématuré et donc un rendement moindre.

### 3- DIFFERENTS TYPES DE PAPIER FILTRE

Ils peuvent être divisés en différentes classes suivant leurs utilisations.

#### 3-1 - Papier pour filtre à air

Ils sont en général très perméables et ont des pores de diamètres relativement importants, car les impuretés présentes dans l'air sont elles aussi relativement épaisses.

#### 3-2 - Papier pour filtres à huile

Ils doivent avoir un degré de filtrage plus important que le filtre à air. Leurs pores doivent avoir des diamètres plus petits pour pouvoir retenir les particules polluantes minuscules

présentes dans les huiles.

3-3 - Papiers pour filtres à gaz oil

Ils doivent avoir un haut pouvoir filtrant et un degré de filtrage marqué car les particules polluantes des carburants sont en général très minces.

3-4- Papier pour filtre à mazoute

Ils doivent avoir un degré de filtrage très marqué et une très fine porosité.

PARTIE EXPERIMENTALE

## I- MISE EN EVIDENCE DES PRINCIPAUX PRODUITS COLMATANT LES FILTRES.

Compte tenu de la structure des filtres, particulièrement leur très faible porosité, vu aussi l'intérêt que nous portons à la façon dont se déposent les agents colmatants, nous avons jugés utile d'observer chaque matériau du filtre. Il s'est avéré alors qu'un examen au microscope pourrait être très riche en renseignements.

### 1- L'Examen au microscope.

L'observation au microscope nous révèle d'importantes gouttes d'aspect brunâtre sur les parties coalescentes ( fibres de verre et synthétiques ). Leurs importances est relatives non seulement à leurs nombre mais aussi à leurs dimensions, atteignant souvent le quart, voir la moitié de la surface des pores. Parfois même, le pore est recouvert, ceci se retrouvant au niveau de chaque couche ( voir annexe pages 3 et 4 )

Concernant le papier plissé, on a pris le soin de découper des morceaux, aussi fins que possible, de façon à permettre à la lumière du microscope de les traverser. L'échantillon vu entre lame et lamelle présente un aspect différent de l'observation précédente. En effet, nous observons dans ce cas, plutôt une

couche quasi-continue, toujours brunatre et tendant à recouvrir les deux faces du papier filtre. La couverture est si prononcée qu'il nous était pratiquement impossible de déceler une partie sans souillure. ( voir annexe pages 1 et 2 )

Notons enfin que l'on observe quelques débris noirâtres, mais en quantité si réduite que l'on peut la considérer insignifiante.

Il existe cependant des parties, au sein de chaque constituant du filtre, qui ne sont pas très touchées.

A défaut de filtre neuf, nous avons donc été obligés de prendre ces échantillons comme référence aux tests que nous avons entrepris.

## 2- Test de repérage.

Comme il l'a été souligné en introduction, l'ASA3 ne se retrouve pas entièrement en aval des filtres; ce qui entraîne la baisse de la conductivité électrique. Il est donc le premier suspect du colmatage des filtres.

Pour vérifier le bien fondé de cette hypothèse, nous avons pensé à mettre artificiellement, des petites quantités d'ASA3 sur les échantillons de référence. Ceux-ci sont ensuite déposés à l'air libre pour que l'ASA3 puisse sécher, s'étaler et pénétrer en profondeur les différents médias filtrants. Au bout de 24 Heures, on a redéposé les échantillons entre lame et lamelles pour une autre observation microscopique.

Résultat de cette observation: Il est apparu des structures très voisines. voir identiques à celles observées auparavant. ( voir annexe pages 1 et 2 )

### 3- Analyse par infra-rouge ( IR )

Les propriétés organoléptiques nous donnent, certes des révélations, mais celle-ci restent insignifiantes pour pouvoir affirmer que l'ASA3 est bien responsable du colmatage des filtres.

Il s'avère donc qu'une étude plus approfondie serait utile et intéressante. Pour cela, nous avons opté pour la spectroscopie infrarouge.

Dans ce sens, nous avons plongé dans plusieurs flacons contenant une solution de toluène, les différents constituants du filtre usagé.

Après quelques jours ( 4 à 5 jours environ ), nous avons retiré de chaque flacon une quantité suffisante de solution pour analyse en infrarouge. Pour cela nous disposons aussi d'une solution de référence contenant de l'ASA3.

Nous avons analysé l'échantillon contenant l'ASA3 ainsi que deux autres échantillons dans lesquels étaient plongés les petits morceaux des médias filtrants.

#### 4- Résultats

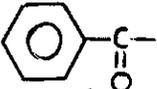
L'analyse de ces échantillons a donné des spectres IR qu'on a essayé de comparer avec celui de l'ASA3. Le spectre de l'ASA3 a été obtenu en déposant une goutte de l'échantillon sur une pastille de KBr. Après évaporation du solvant (toluène), il reste un film très mince sur la pastille que nous avons soumis à l'analyse IR dans le domaine 4000-600  $1/cm$ . Malheureusement beaucoup de bandes d'absorptions interfèrent avec celle du solvant utilisé. Le produit contient en effet un noyau benzénique et seule une bande située vers 1240  $1/cm$ , absente dans le spectre du solvant, mais présente dans les extraits analysés nous permet de supposer que le dépôt contient probablement de l'ASA3.

#### 5- Interprétation du spectre infra-rouge de l'échantillon [ 9 ]

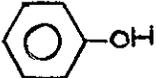
La bande large apparaissant à 3500  $1/cm$  est due à la bande de vibration de OH, qui provient en même temps de l'humidité de KBr ainsi que du groupement OH.

Les bandes d'absorption de 2800 à 3000  $1/cm$  sont associées aux différents modes de vibrations des groupements CH3 et CH2 présents dans l'échantillon. De même que la bande intense observée vers 1450 - 1470  $1/cm$  correspond aux déformations asymétriques des groupements CH3 et CH2.

La bande intense observée vers 1730 1/cm est liée à la vibration des liaisons C=O présentes dans le produit.

Le groupement  du sel de chrome présente une

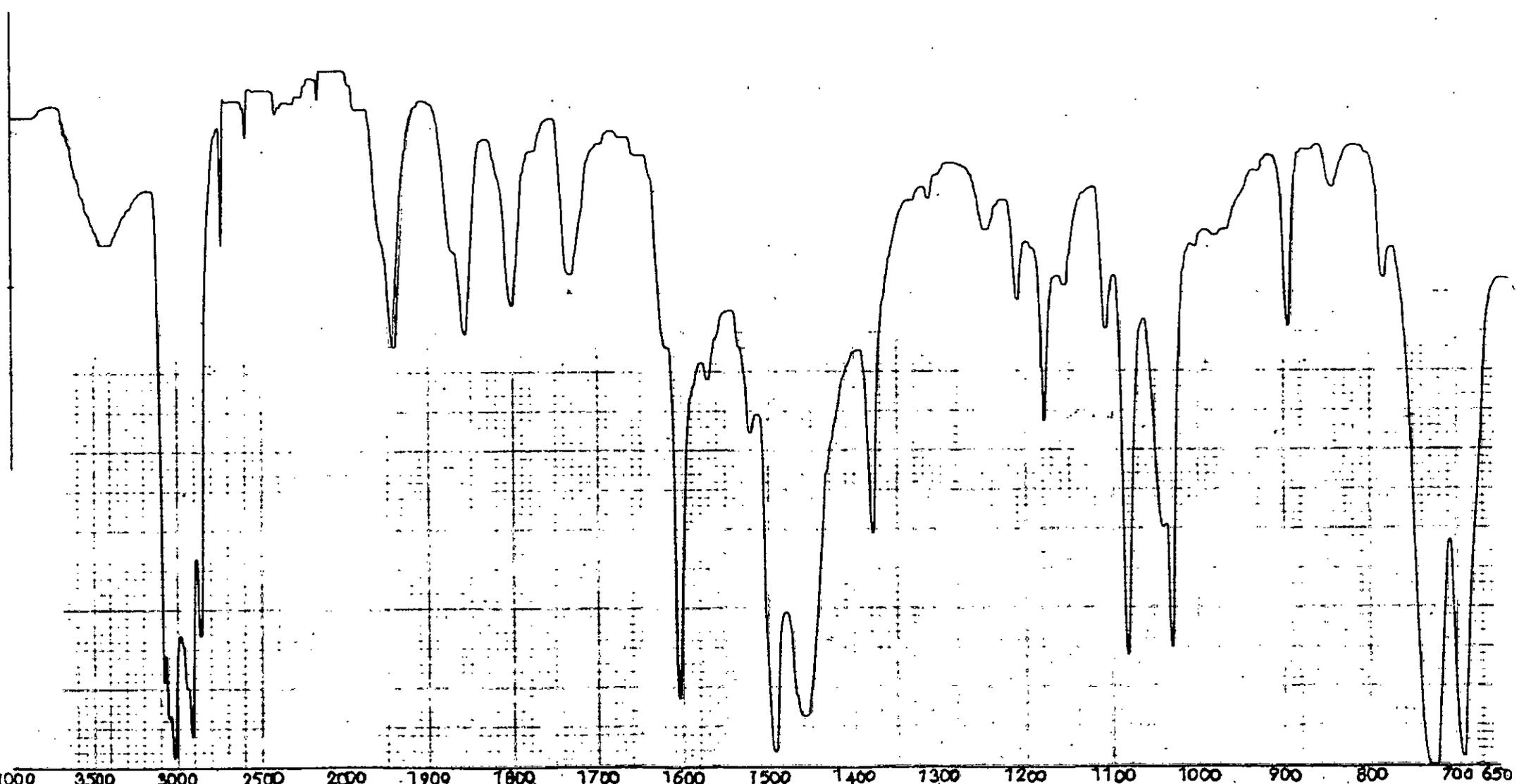
bande de vibration à 1560 1/cm. élongation de R-A et une autre à 1390 1/cm due à celle de C-O .

Enfin, la bande située vers 1040 1/cm est due à la vibration de C-O du groupement ArCH<sub>2</sub>OH présent dans le sel de chrome et celle située à 1235 1/cm au groupe  .

---

( 9 ) H. A. SZYMANSKI: " A systematic approach to the interpretation of IR spectra ". Hertillon Press. 1967.

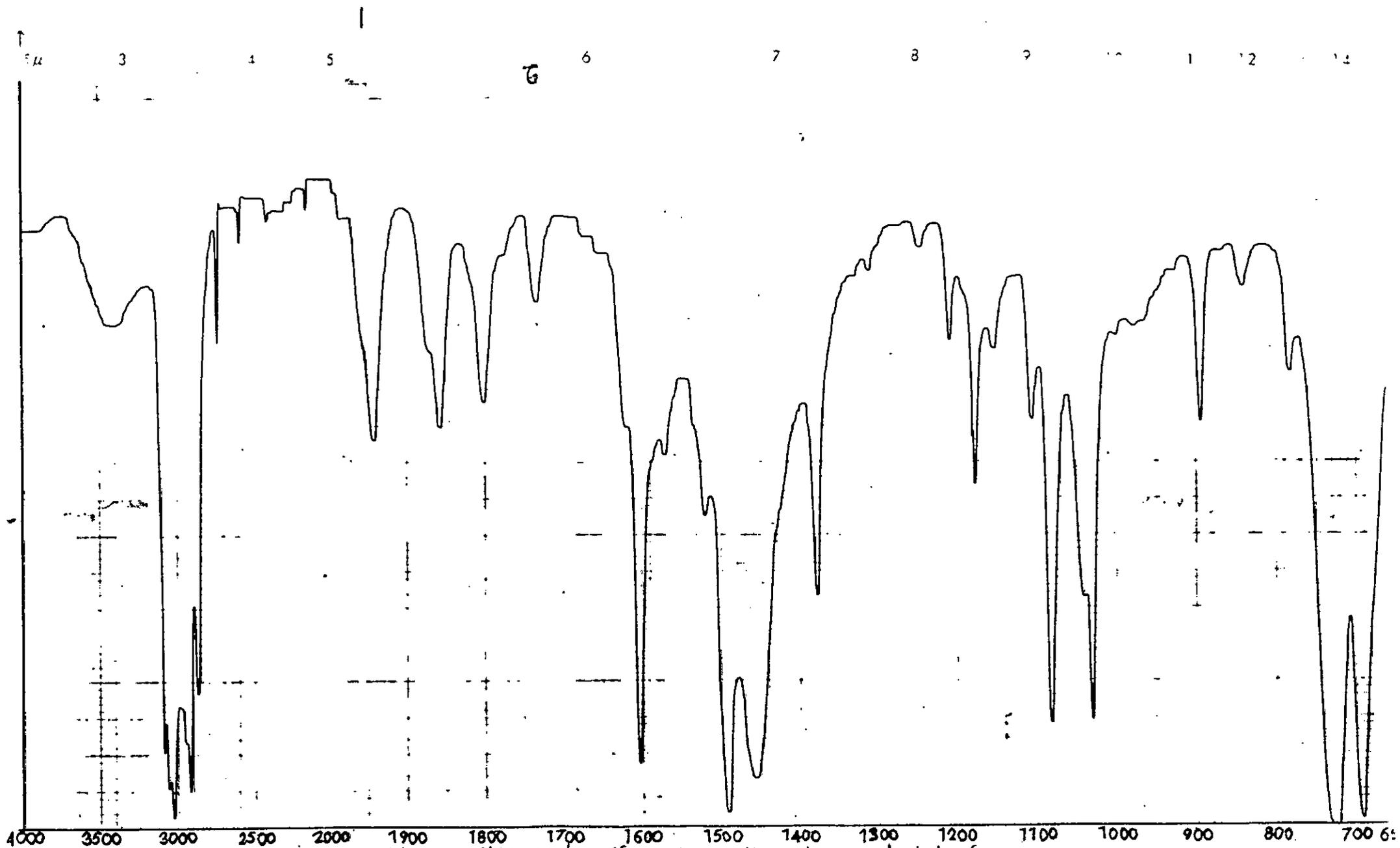
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



Spectre I.R. de la Solution etalon ASA3 + toluène

SPECTRUM NO. _____	DATE _____	THICKNESS _____	REMARKS _____
SAMPLE ASA3	SOLVENT <u>Toluène</u>	REFERENCE _____	OPERATOR _____
CONCENTRATION <u>+++</u>	SCAN TIME _____		PRINTED IN JAPAN

Shimadzu  
PART NO. 202-915  
PRINTED IN JAPAN



Spectre I-R après extraction de l'ASA3 du 1<sup>er</sup> media filtrant par le toluène

SPECTRUM NO. \_\_\_\_\_

SAMPLE dépot

SOLVENT Toluène

CONCENTRATION \_\_\_\_\_

SCALE \_\_\_\_\_

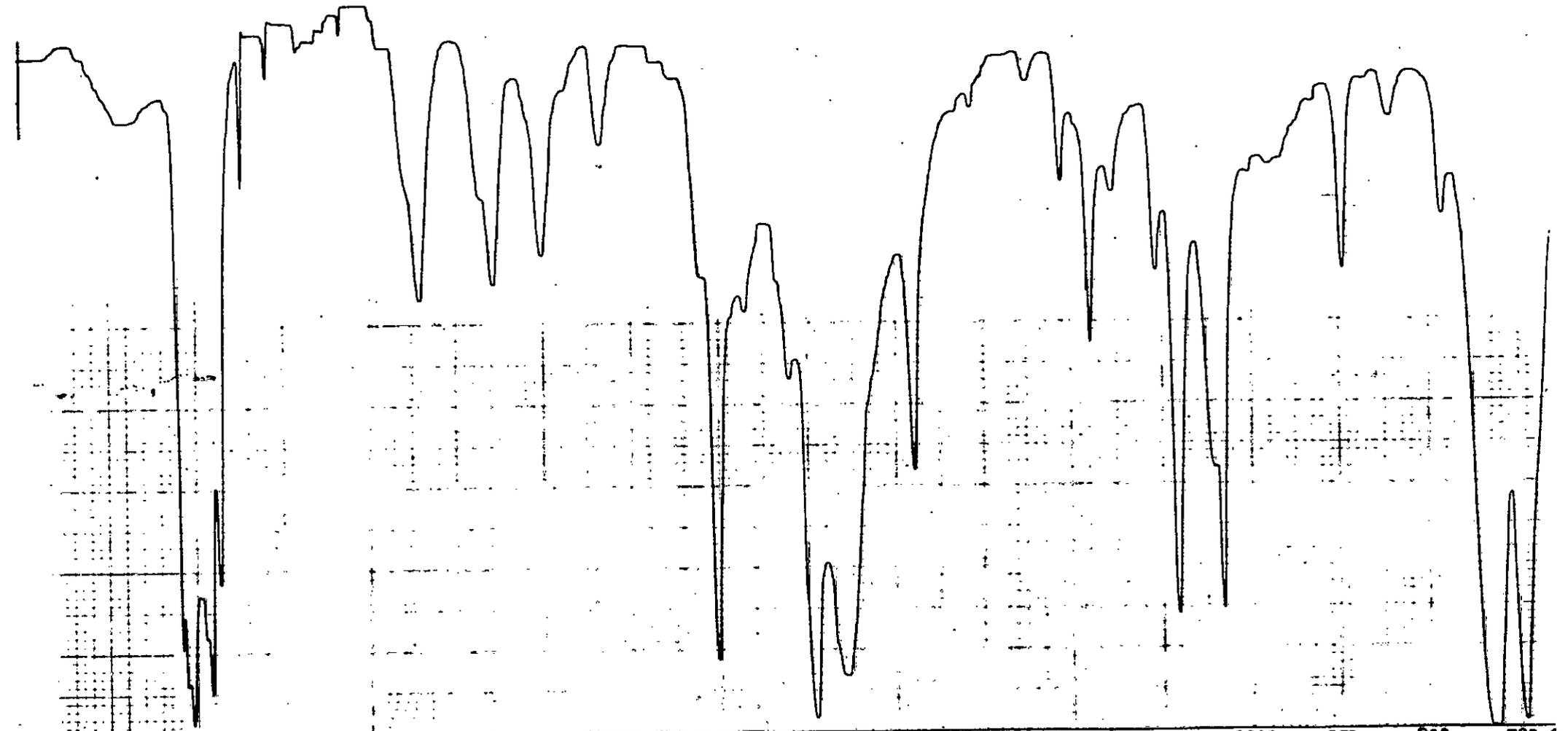
SCAN TIME \_\_\_\_\_

⊕ S. mad

AT NO. 20049

ED IN JA

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



4000 3500 3000 2500 2000 1900 1800 1700 1600 1500 1400 1300 1200 1100 1000 900 800 700

Spectre I-R après extraction de l'ASAS du 2<sup>e</sup> media filtrant par le toluène.

SPECTRUM NO. \_\_\_\_\_  
SAMPLE Depot  
CONCENTRATION \_\_\_\_\_  
SOLVENT Toluène  
SCAN TIME \_\_\_\_\_  
① Skimed  
PRINTED IN JAPAN

## II- DIVERS MODES DE REGENERATION

Avant soupçonné l'ASA3 comme étant l'agent obstruant, notre étude s'est étendue sur sa structure et ses caractéristiques, car ceux-ci pourront nous servir pour proposer un moyen de régénération. L'ASA3 étant un composé organique, donc soluble dans n'importe quel solvant organique et est présent en solution dans du xylène. Son exposition à l'air pendant une dizaine d'heures environ conduit à sa polymérisation et à son durcissement. C'est donc ce problème qui a causé le colmatage des filtres.

On s'était rendu compte que la transformation de polymérisation était réversible, et cela après avoir effectué l'expérience qui consistait à baigner l'ASA3 polymérisé dans du toluène.

Après quatre jours, on avait constaté que l'ASA3 s'était complètement dissous dans le toluène pour former une solution homogène.

Ceci nous a donc donné l'idée de tremper des échantillons des divers médias filtrant dans du toluène et de les laisser y séjourner durant un temps suffisamment long.

Au bout de quatre jours on s'est rendu compte que le solvant a pris une coloration rougeâtre, alors qu'il est de nature transparent.

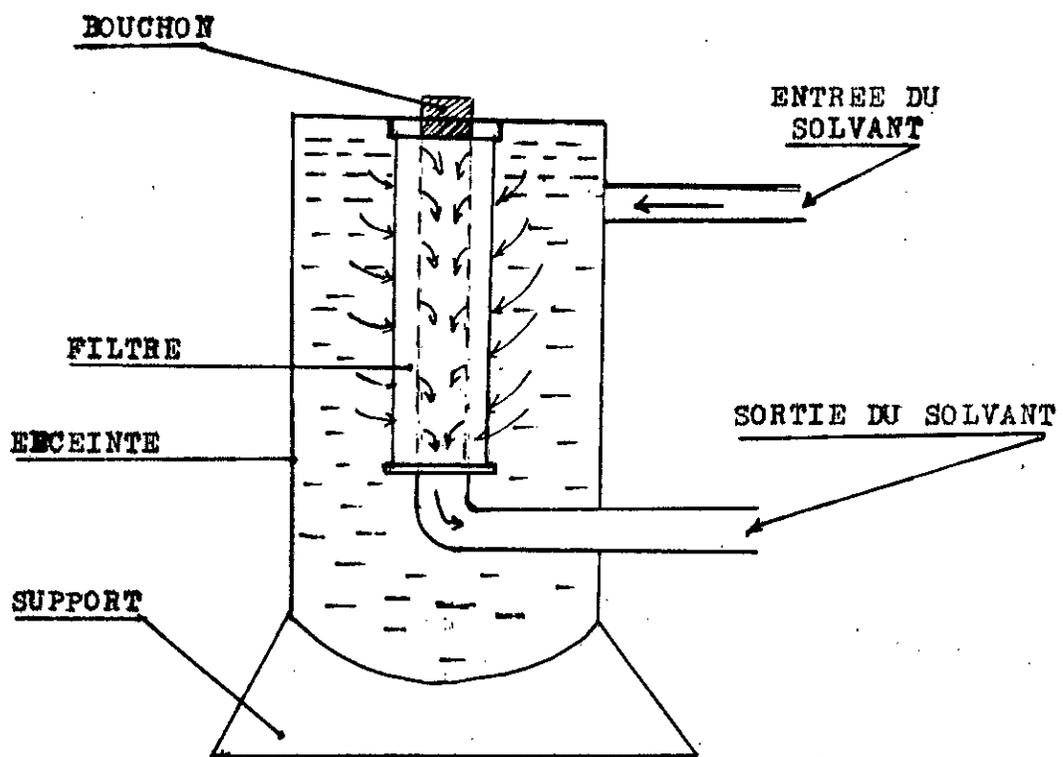
Posé entre lame et lamelle, l'aspect présenté par ces échantillons était beaucoup plus net par rapport aux échantillons non trempés.

Nous pouvons estimer désormais que cette technique est partiellement en mesure de régénérer ces filtres, car il existe d'autres obstruants qui sont les débris solides .

Pour compléter l'efficacité de la méthode, il serait intéressant de séparer le filtre en deux parties à savoir la partie coalescente et la partie tôle d'acier perforé contenant le papier plissé.

La première partie baignera dans une quantité suffisante de toluène ou de xylène pendant un temps relativement long ( 15 à 20 jours environs ), et elle sera soumise à des agitations régulières pour que le solvant puisse toucher toutes les couches de la partie coalescente.

Quant à la deuxième partie, il faut prévoir une enceinte comportant une arrivée et une sortie à travers les quelles circulera le solvant de préférence à contre courant conformément à la figure suivante.



DISPOSITIF DE REGENERATION FONCTIONNANT

A CONTRE-COURANT

### III- CALCUL DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DU PAPIER FILTRE

Pour trouver les différents paramètres cités en ( chapitre IX ), nous avons dû faire nos expériences à la Société Algérienne de l'Industrie du Filtre et Emboutissage ( SAIFE ).

Nous n'avons pu effectuer que quelques expériences, faute d'appareillages. De plus certaines expériences se sont avérées impossibles du fait de l'usure du papier. Ceci survient probablement à la suite du stockage des filtres dans des endroits qui ne sont pas couverts et sont donc soumis à toutes les intempéries.

Il serait risqué, voir déconseillé de les régénérer, du moment que le papier ne répond plus aux mêmes spécifications caractéristiques d'un filtre neuf. La moindre petite pression peut le détériorer et entraîner ainsi le libre passage des contaminants solides.

#### 1- Poids du papier ( § 2-1 page 21 )

Il est abhérant de le mesurer, car le papier s'est encrassé et la valeur que l'on aurait ainsi obtenue serait erronée.

#### 2- Résistance à l'explosion ( § 2-3 page 22 )

Quand on a soumis le papier filtre à cette épreuve, la pression indiquée était nulle, quand le papier s'est déchiré. Ceci confirme que le papier était altéré et qu'il ne suffisait que d'un effort presque nul pour le détériorer.

Nous avons alors glissé le papier entre deux feuilles formées de fibres synthétiques ( parties prenantes des constituants de la cartouche ), nous avons soumis le tout à l'examen et nous avons trouvé une pression de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3- Epaisseur ( § 2-2 page 22 )

A l'aide du micromètre à tateur plan, nous avons relevé dans différents endroits, l'épaisseur du papier. Nous avons pris la moyenne de toutes ces mesures. Celle-ci se situe alors aux environs de 0.9 mm.

### 4- Diamètre du pore maximum ( § 2-6 page 25 )

Il nous a été impossible de déterminer cette valeur, car sitôt que l'on ouvrait le robinet de refoulement du gaz, le papier se détériorait.

### 5- Diamètre du pore moyen ( § 2-7 page 26 )

Impossible à mesurer pour les mêmes raisons que précédemment.

#### Remarque

Nous avons voulu faire ces expériences, pour trouver les caractéristiques du papier et pouvoir ainsi le classer parmi les différents types de papier présents chez SAIFE ( voir annexe pages 9,10,11 ). Ceci aurait permis de savoir par quel type de papier on aurait pu le remplacer.

Il nous aurait fallu pour cela un filtre neuf. La raffinerie d'Alger n'a pu malheureusement satisfaire cette demande pour le moment.

On aurait pu reconstituer un filtre ayant pour partie plissée un produit de SAIFE et pour partie enroulée, la partie coalescente régénérée.

SAIFE se propose d'étudier de façon plus détaillée, ce genre de filtres, dans l'éventualité de prise en charge de leur fabrication. Ce qui pourrait contribuer de façon substantielle à des économies en devises par le renoncement aux importations de ce produit par la raffinerie d'Alger, ce produits étant disponible au niveau local.

Nous pourrions néanmoins réduire la fréquence de remplacement des filtres, voir l'annuler si l'adionction de l'ASA3 pouvait se faire en aval des filtres. L'ASA3 étant l'agent colmateur principal de ces filtres. Cette opération ne comporte aucun risque et demeure peu coûteuse, puisqu'il ne suffit que de déplacer le

bac d'additif et de le mettre à la sortie des batteries de filtres ( voir fig. n° 3 ).

Cette technique présente deux avantages:

- Elle permet d'éliminer les effets néfastes de l'ASA3.
- Elle favorise un peu plus la coalescence des gouttelettes, car l'ASA3 est soluble dans l'eau et est un tensio-actif; ce qui défavorise la coalescence.

Si cette méthode était adoptée, il resterait comme seul obstruant les débris solides. Ces derniers seraient faciles à éliminer. Il suffirait pour cela, de travailler à contre-courant.

#### IV- CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce travail, il nous a été demandé d'étudier d'un point de vue scientifique, les filtres séparateurs d'eau au regard du problème de colmatage auquel ils étaient confrontés.

Ce problème a été soulevé particulièrement au vu d'un grand dépôt de filtres usagés constituant à divers degrés une réelle perte pour l'entreprise utilisatrice (perte économique, surcharge des aires de stockage, pollution de l'environnement etc..).

On s'était fixé comme but, l'identification du principal agent colmatant et de voir par quel moyen pouvait-on nous en débarrasser.

Les études qui ont été faites, à savoir vision au microscope, et spectre IR, prouvent que l'ASA3 est présent dans les divers médias filtrants et en proportions assez élevées.

Ce résultat était prévisible, du moment que l'ASA3 est le seul additif qui donne le kérosène de plus la conductivité électrique ayant chuté prouve la perte en ASA3.

Nous considérons donc, avoir répondu au problème posé qui est l'identification de l'obstruant. Quand à la régénération diverses méthodes ont été proposées. Notons que celles-ci sont peu coûteuses et facilement réalisables.

On pourrait cependant penser aussi à dimensionner de façon adéquate le précipitateur électrostatique qui libère quelques fois une quantité importante d'eau, rappelons que celle-ci est en mesure de dissoudre l'ASA3.

On peut installer un corps capable d'adsorber l'eau tels que l'arçile et la chamotte, en série avec le précipitateur, afin d'éliminer ces quantités d'eau.

Il est à noter que si l'on voudrait désormais régénérer des filtres, il faudrait tout d'abord leur assurer un endroit de stockage bien protégé.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [ 1 ] FAUDI FILTER SYSTEM ( revue consultée à la raffinerie d'Alger )
- [ 2 ] SHELL CHIMIE " produits chimiques, additifs et intermédiaires" ( Raffinerie d'Alger )
- [ 3 ] UFI " Spécifications des matériaux ( papier filtre ) " documents de SAIPE
- [ 4 ] " FILTRATION & SEPARATION " de July/August 92  
Revue de CERHYD
- [ 5 ] A. MEDDOUR " caractérisation du carburéacteur JET A1 et étude des divers paramètres qui influent sur sa conductivité électrique " P.F.E Juin 92 E.N.P.A
- [ 6 ] S. BOUROUBA " Etude de la coalescence sur la chamotte " P.F.E Juin 1983 I.A.P
- [ 7 ] PHILIP A. SCHWEITZ " HANDBOOK OF SEPARATION TECHNIQUES FOR CHEMICAL ENGINEERS " Editor chief  
Philip A. SCHWEITZ
- [ 8 ] Techniques de l'ingénieur edit: J 2760
- [ 9 ] H.A. SZYMANSKI : " A SYSTEMATIC APPROCH TO THE INTERPRETATION OF IR SPECTRA " Hertillon Press, 1967

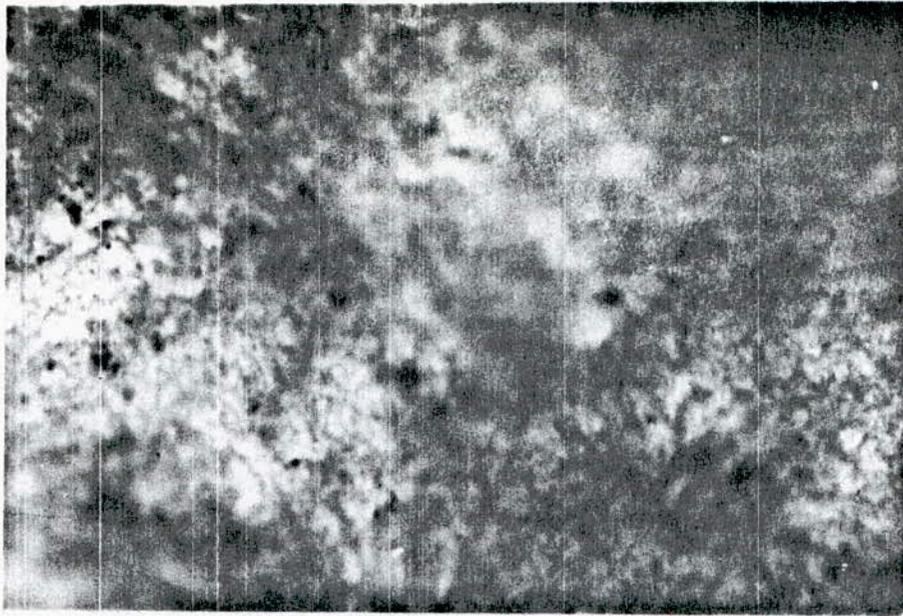
ANNEXES



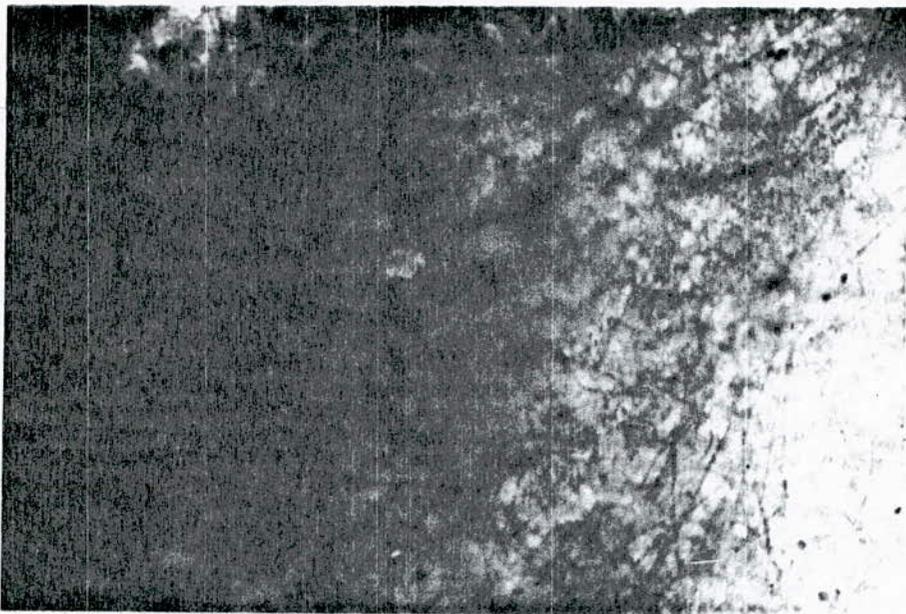
Prise de vue sur papier (partie supérieure) ayant été colmaté  
naturellement on voit le dépôt d'ASA3 sur la partie droite



Prise de vue sur papier (partie supérieure)) ayant été colmaté  
artificiellement, on voit le dépôt en bas à droite



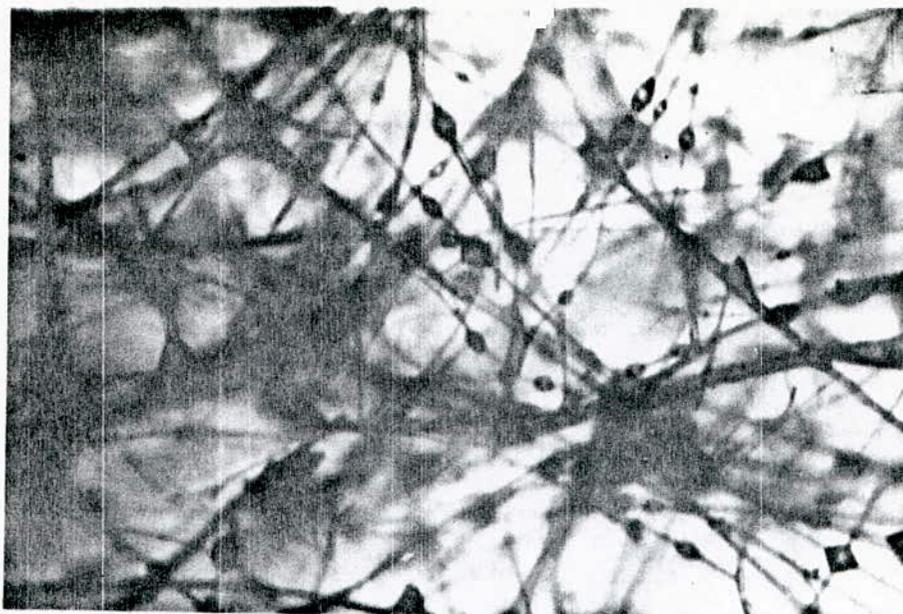
Prise de vue sur papier (partie inférieure) ayant été colmaté naturellement, on voit le dépôt sur toute la surface



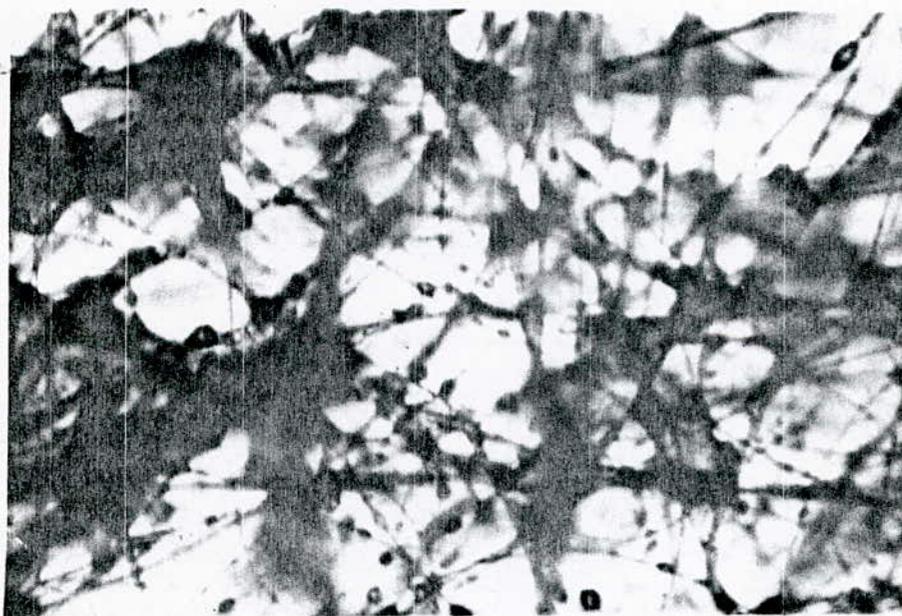
Prise de vue sur papier (partie inférieure) ayant été colmaté artificiellement, la tache noire en bas à gauche correspond au dépôt d'ASA3

Première couche de la partie coaléscence, ayant été colmaté  
naturellement, on voit quelques tâches

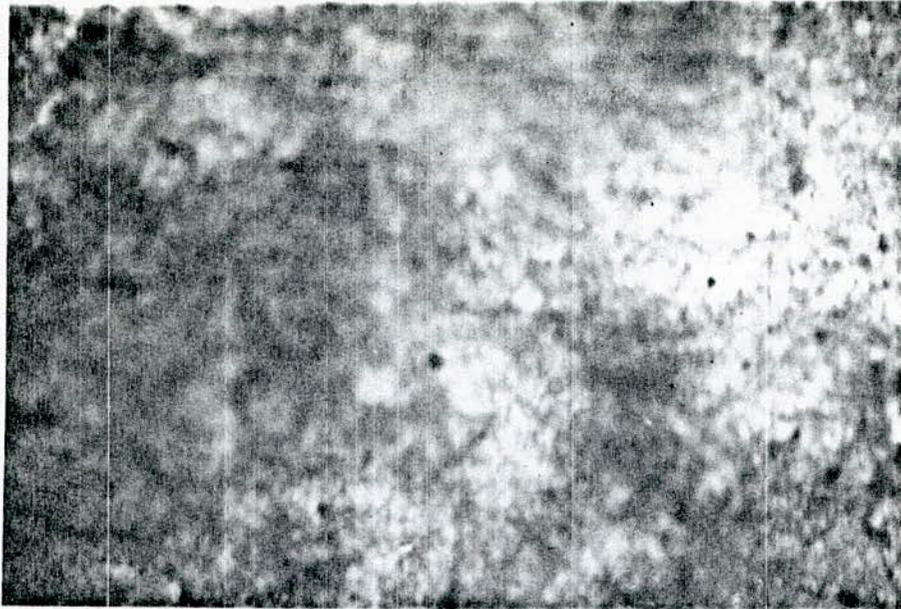




Deuxième couche de la partie coaléscente, ayant été colmaté naturellement, on distingue plus nettement les gouttes d'ASA3 réparties sur toute la surface



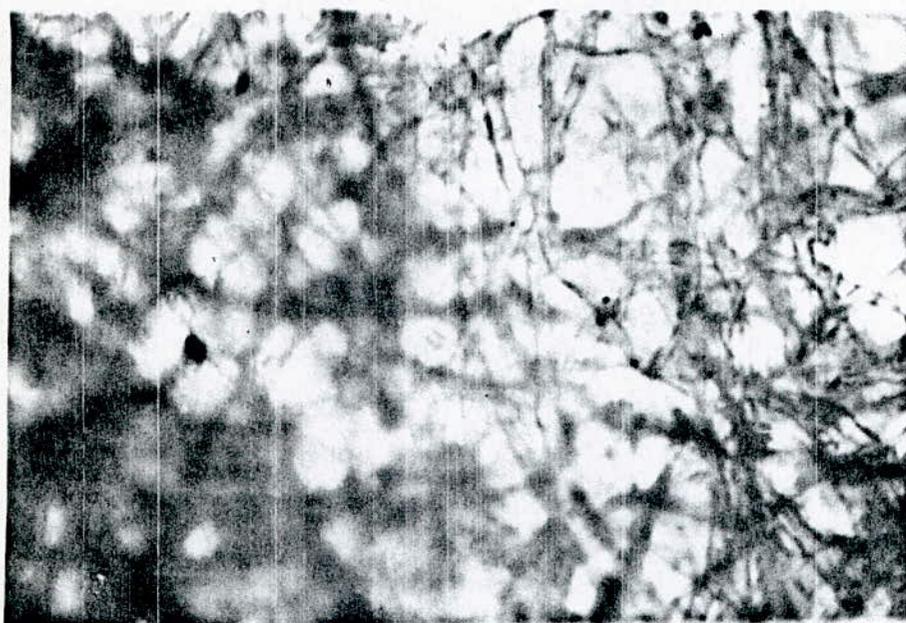
Deuxième couche de la partie coaléscente, ayant été colmaté artificiellement, on voit beaucoup mieux le dépôt de l'ASA3



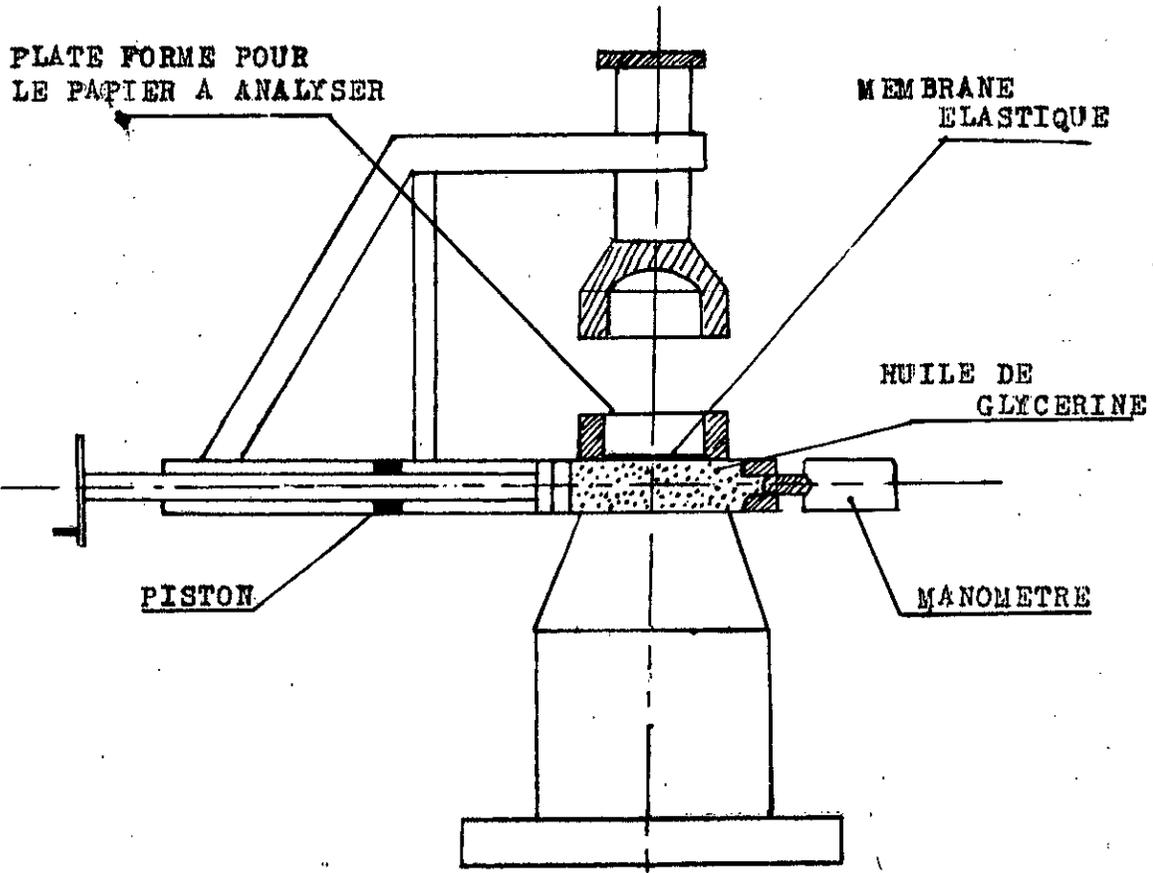
Prise de vue sur papier après régénération, on voit que la surface est plus nette.



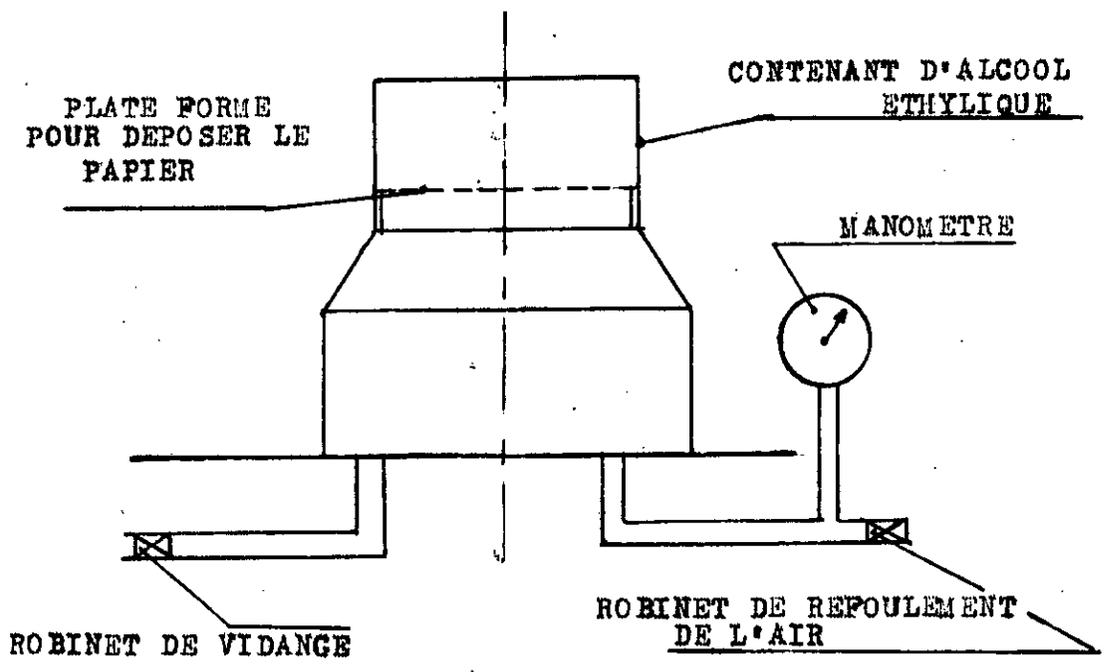
Prise de vue la deuxième couche de la partie coaléscente après régénération, là aussi l'image est beaucoup plus nette



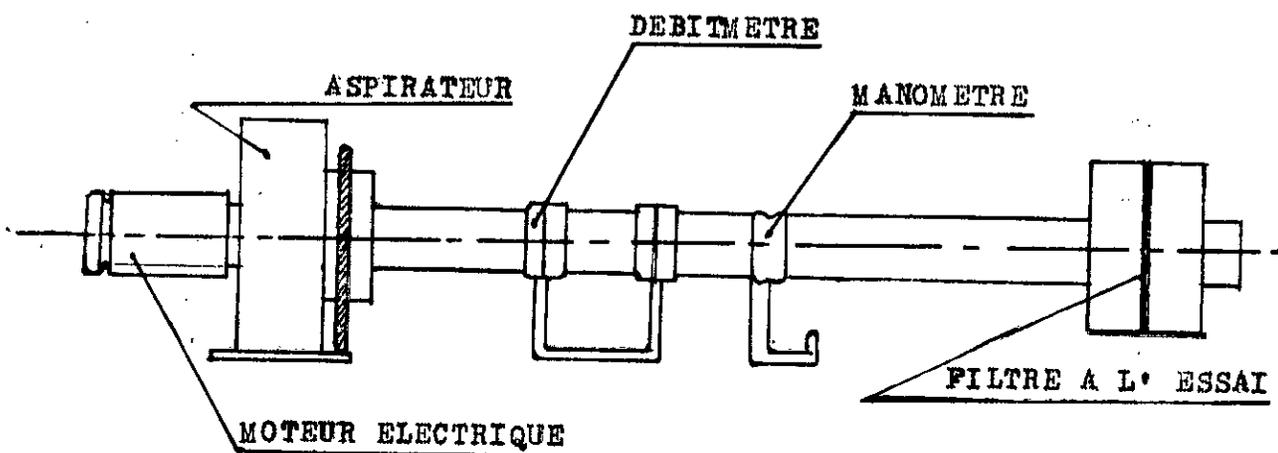
Prise de vue sur papier filtre à air de SAIPE



APPAREIL DE MESURE D'EXPLOSION



APPAREIL DE MESURE DES DIAMETRES DES PORES



APPAREIL DE MESURE DES DIAMETRES DES PORES  
 POUR LE DEUXIEME MODE OPERATOIR

# filtre à air

Code 29.1

Lisse

Gaufré

Spécification	Type d'essai	Unité de mesure	Valeurs	
			imbibé	polymérisé
PM 2901	POIDS	g/m <sup>2</sup>	143 ± 5	137 ± 5
PM 2902	EPAISSEUR	mm	---	0,61 ± 0,05
PM 2903	EXPLOSION	barn	1,6 ± 0,4	2,2 ± 0,4
PM 2904	RESINE	%	22 ± 2	-----
PM 2905	VOLATILITE	%	5,5 ± 1,5	-----
PM 2906	RIGIDITE	mg	3000 ± 500	4000 ± 500
PM 2907	PORE MAXI	microns	89 ± 5	89 ± 5
PM 2908	PORE MOYEN	microns	26 ± 3	26 ± 3
PM 2909	DEGRE NOMINAL DE FILTRAGE	microns	20	20
PM 2910	VOLUME DES PORES	%	89	89
PM 2911	PERMEABILITE A L'AIR ( P=20mmH2O)	l/sec · m <sup>2</sup>	830	830
PM 2914	FRAGILISATION	%		≤ 50%

# filtre à gaz-oil

Code 29. 3

Lisse

Gaufré x

Spécification	Type d'essai	Unité de mesure	Valeurs	
			imbibé	polymérisé
PM 2901	POIDS	g/m <sup>2</sup>	133:5	126:5
PM 2902	EPAISSUR	mm	...	0,33:0,08
PM 2903	EXPLOSION	bars	2,5:0,5	2,8:0,5
PM 2904	RESINE	l	17:2	.....
PM 2905	VOLATILITE	l	5,5:1,5	.....
PM 2906	ACIDITE	mg	3000:500	3000:500
PM 2907	PORE MAXI	microns	48:5	48:5
PM 2908	PORE MOYEN	microns	9,5:1,5	9,5:1,5
PM 2909	DEGRE NOMINAL DE FILTRAGE	microns	7	7
PM 2910	VOLUME DES PORES	l	84	84
PM 2911	PERMEABILITE A L'AIR (P=20mmH2O)	l/sec · m <sup>2</sup>	89	89
PM 2914	FRAGILISATION	l		50:

# Filtre à huile

Code 29. 2

Lisse

Gaufré : x

Spécification	Type d'essai	Unité de mesure	Valeurs	
			Imbibé	polymérisé
PM 2901	POIDS	g/m <sup>2</sup>	137:5	131:5
PM 2902	EPAISSEUR	mm	...	0,56:0,07
PM 2903	EXPLOSION	bars	2,1:0,5	2,4:0,5
PM 2904	RESINE	g	21:2	...
PM 2905	VOLATILITE	g	5,5:1,5	...
PM 2906	RIGIDITE	mg	3000:500	5000:500
PM 2907	PORE MAXI	microns	31:5	31:5
PM 2908	PORE MOYEN	microns	22:2	22:2
PM 2909	DEGRE NOMINAL DE FILTRAGE	microns	15	15
PM 2910	VOLUME DES PORES	g	87	87
PM 2911	PERMEABILITE A L'AIR ( P=20mmH2O)	l/sec - m <sup>2</sup>	620	620
PM 2914	PRAGILISATION	g		50