LA FILTRATION SUR DIATOMEES ET AUTRES ADJUVANTS

G. BERRY
Société GASQUET, 110, rue Notre-Dame, 33027 Bordeaux

Les divers procédés de filtration, phénomènes uniquement physiques et mécaniques, sont la gravité, la pression, le vide et la force centrifuge.

La filtration par gravité s'applique aux eaux de consommation courante, la filtration sous pression et sous vide est utilisée pour les liquides contenant très peu de matières en suspension jusqu'aux suspensions contenant 50 p. 100 de matières solides. La force centrifuge est utilisée pour la clarification des liquides contenant des teneurs supérieures de matières solides.

Le choix du type de filtration en fonction de la nature du produit à filtrer est déterminé par les critères suivants :

— la clarté et la brillance recherchées ;

— la vitesse de filtration ;

— la consistance du gâteau ;

— la vidange et le lavage du filtre ;

— la température de filtration ;

— le maintien de la pression ;

— le maintien en suspension, par agitation, des matières solides et leur séparation d'avec le liquide.

Les études réalisés sur ces différents points sont encore incomplètes, en particulier celles de la détermination précise de la vitesse d'écoulement du liquide à travers un lit filtrant ; ce problème, très complexe, inclut la

détermination de la nature même des particules formant le lit filtrant ainsi que celles des particules à arrêter, l'étude de la formation inattendue de cristaux, de la compressibilité de la matière, de phénomènes électrolytiques, etc.

La plupart des résultats trouvés sont de nature expérimentale.

La nature du gâteau, la distribution des canicules du lit filtrant, les pertes de pression par friction du liquide, sont liées à la compressibilité du gâteau ; en effet, la porosité décroît au fur-et-à-mesure qu'on approche du support et par là même la vitesse de filtration diminue.

Lorsqu'un liquide chargé de particules arrive au contact d'un lit filtrant, le liquide passe au travers des interstices du lit, les particules solides étant retenues par le support filtrant ; il en résulte une diminution de la porosité du lit filtrant.

Les particules arrêtées ont des dimensions de l'ordre de quelques dixièmes de microns.

Lorsque le lit filtrant constitue, en même temps, le support, la filtration ne devient effective qu'après constitution d'un lit filtrant par les premières particules arrêtées qui s'opposent au passage du liquide.

La clarification est donc obtenue par le lit filtrant et non par le support. On a donc été amené à rechercher la formation d'un lit filtrant le plus propice possible à la clarification en utilisant les adjuvants de filtration.

I. — LES ADJUVANTS DE FILTRATION

Un adjuvant de filtration doit posséder les propriétés suivantes :

Sa densité doit être telle que, mélangé au liquide à filtrer, il reste en suspension suffisamment longtemps pour être facilement utilisé dans le filtre. Il doit posséder des caractéristiques filtrantes élevées et sa composition chimique doit être inerte et inoffensive vis-à-vis des liquides à filtrer ; il doit également pouvoir être enlevé facilement.

Les principaux adjuvants de filtration employés sont les suivants :

— la diatomite,

— l'amiante,

— la cellulose,

— la perlite (le plus récent).

1. **La diatomite.**

La diatomite est une roche naturelle formée d'algues microscopiques fossilisées ; elle est donc d'origine végétale. Les algues unicellulaires qui la constituent et dont les parois sont siliceuses sont répandues dans les eaux marines et douces sous toutes les latitudes pourvu qu'elles contiennent de la silice, souvent sous forme de silicate d'alumine.

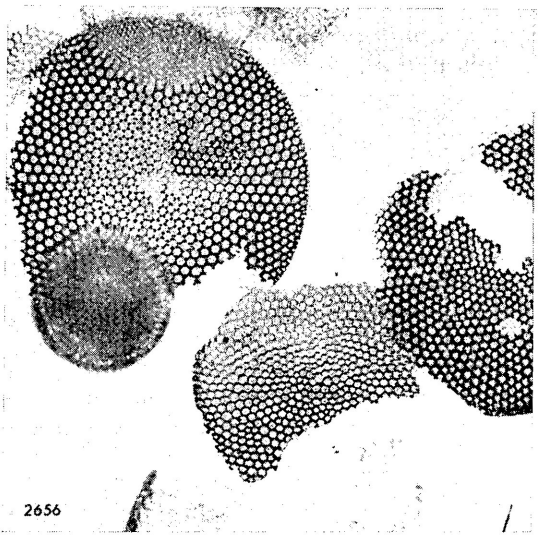


Fig. 1 — Diatomées marines (× 400).

Malgré cette abondance de diatomée, les dépôts importants n'existent qu'en des endroits espacés à la faveur de la concentration d'éléments favorables rarement réunis. On en trouve particulièrement en Afrique du Nord, en Californie et en divers pays d'Europe. On les confond parfois avec les radiolaires, animaux microscopiques élémentaires que l'on trouve également en gisements nombreux, dont le squelette siliceux est formé d'aiguilles pleines ou creuses. Ces terres fossiles sont alors appelées « terres d'infusoires ».

Actuellement, on confond les unes et les autres sous les vocables de

«diatomées », terre d'infusoires ou kielselgühr (signifiant « corpuscule de silice » en allemand). Seule compte la qualité de la silice fossile qui a servi de squelette aux uns comme aux autres.

Cependant, dans ces dépôts, les diatomées ne sont pas à l'état parfaitement pur ; on choisit celles qui contiennent le moins possible de sable, de matières organiques, de calcaire, de sels minéraux.

Les diatomées marines sont plus grosses que les diatomées lacustres très petites ; leur pouvoir filtrant est donc plus important.

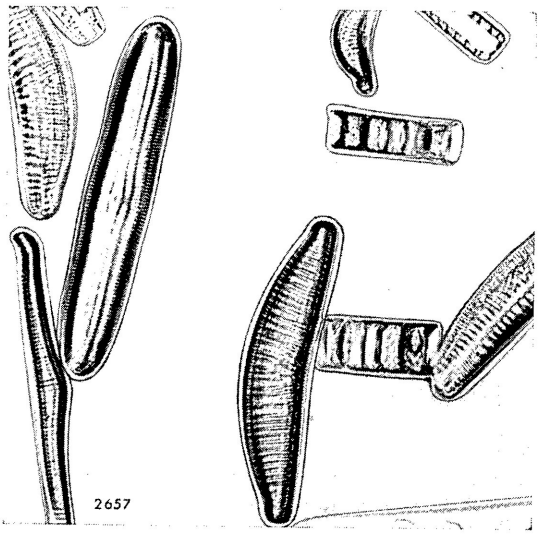


Fig. 2. — Diatomées lacustres (× 400).

Dans le commerce, on trouve des diatomées sous trois formes :

1° **Les diatomées naturelles,** de couleur grisâtre ; elles ont été écrasées, séchées, puis triées par cyclonage afin d'obtenir un produit uniforme. Ces poudres sont composées de particules fines donnant de bonnes clarifications et des vitesses d'écoulement faibles ; on leur reproche de contenir encore une petite quantité de matière organique.

2° **Les diatomées calcinées,** de couleur rose ou rouge brique, qui sont traitées à haute température vers 980 °C, puis broyées et triées par cyclonage.

Ces poudres ont une granulométrie plus grossière c'est-à-dire contiennent un pourcentage plus élevé de particules ne passant pas au travers d'un tamis d'une certaine finesse pris comme étalon (par exemple des mailles de 20 microns).

3° **Les diatomées activées** obtenues à partir d'une diatomée de bonne qualité, à laquelle on a ajouté un fondant comme le sel marin ou le carbonate de soude avant de la calciner entre 1 100 et 1 200° C.

Après élimination de silicates agglomérés et triage par cyclonage, on obtient une poudre à granulométrie encore plus grosse qui donnera des passages plus importants et par là même des filtrations plus rapides.

L'activation peut également être obtenue par un traitement aux acides comme l'acide nitrique.

Les usines de production comme les laboratoires de contrôle s'astreignent à la recherche de produits variés pour répondre aux nombreux cas de filtration ; ils cherchent également à mettre au point des produits de composition moyenne, la plus constante possible pour que l'utilisateur puisse obtenir des résultats constants.

Les essais actuels auxquels on soumet les diatomées portent sur la vérification des critères suivants :

— leur pureté chimique = détermination de la chaux, du fer, de l'humidité, du pH ;

— leur pouvoir de filtration = recherche du sable, refus au tamis de 22, densité apparente, vitesse de filtration.

Dosage de la chaux.

On la transforme en chlorure de calcium en attaquant l'échantillon de diatomées par l'acide chlorhydrique

$$Ca\ O + {}_2HCl \rightarrow Ca\ Cl_2 + H_2O$$

L'excès d'acide chlorhydrique filtré est neutralisé par l'ammoniaque.

L'excès d'ammoniaque est neutralisé par l'acide oxalique (qui peut

être en excès parce qu'il se décompose à la chaleur).

Le chlorure de calcium est précipité à l'état d'oxalate à l'aide de l'oxalate d'ammonium :

$$2\ (COONH_4) + CaCl_2 \rightarrow Ca\ (COO)_2 + 2\ NH_4Cl$$

Le précipité obtenu est filtré puis calciné ; il y a formation de carbonate de calcium. Le carbonate de calcium est dissous par un excès d'acide chlorhydrique titré et l'excès d'acide est dosé par la soude titrée.

Dosage du fer par colorimétrie.

Lors de l'attaque précédente, des diatomées par l'acide chlorhydrique il se forme également du chlorure ferreux, transformé en chlorure ferrique par action de permanganate de potassium. Le chlorure ferrique en présence de sulfocyanure de potassium est transformé en sulfocyanure ferrique de couleur rouge.

Cette couleur est comparée avec celles de solutions identiques contenant des pourcentages variables et connus de fer ou par addition d'une solution de fer connue dans une solution témoin jusqu'à obtention de la même coloration.

Humidité.

Elle est déterminée par pesée avant et après passage à l'étuve entre 105 et 110 °C pendant six heures.

Détermination du pH

Un échantillon de diatomées est dissous dans de l'eau distillée et le pH est mesuré après refroidissement.

Recherche du sable (ou plus exactement des particules lourdes).

L'échantillon de terre est mouillé par de l'eau. Par agitation et décantations successives d'une minute, on élimine les particules légères.

Lorsque le liquide reste clair, les parties lourdes restant dans le fond sont séchées au bain-marie, passées à l'étuve à 105 - 110 °C, et pesées.

Refus au tamis de 22.

L'échantillon est lavé dans un tamis Afnor module 22 sous un filet d'eau très lent en agitant.

Le refus est comme pour le sable, séché à l'étuve puis pesé.

Densité apparente (méthode « Le Chatelier »).

On détermine le poids d'un litre de diatomées dans des conditions bien déterminées.

Pour cela on utilise un entonnoir-tamis d'un litre (défini par la Commission française des Méthodes des Essais).

L'entonnoir est disposé au-dessus d'un récipient normalisé d'un litre, dont le plan de l'ouverture est à 70 mm de l'orifice du tamis. Les axes du récipient et de l'entonnoir doivent coïncider. On verse, sans chute, la poudre sur le tamis puis, à l'aide d'une spatule d'environ 40 mm de large, on force cette poudre à passer au travers du tamis.

Le litre se remplit progressivement ; on arrête le remplissage lorsque le cône produit atteint par sa base le plan de l'orifice du récipient.

On ferme l'orifice du tamis et on pèse la poudre contenue dans le récipient.

L'augmentation de la densité apparente correspond à une augmentation des canicules du lit filtrant, donc à l'arrêt des plus grosses particules ainsi qu'à un débit plus important pour le même frottement.

Porosité et vitesse de filtration.

La porosité est caractérisée par la vitesse de filtration mesurée dans des conditions toujours identiques.

A cet effet, on utilise un filtre de laboratoire d'une capacité de 4 dm^3 fonctionnant sous une pression maximale de 7 bars (« bombe » Philippe).

Le filtre étant rempli du liquide à filtrer et la cellule filtrante garnie du milieu filtrant étudié, la filtration s'effectue en admettant au-dessus du liquide un gaz comprimé qui force celui-ci à traverser la membrane filtrante.

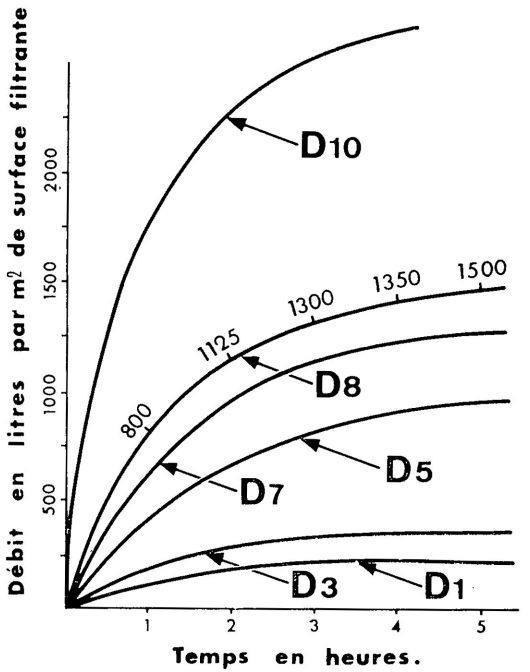


Fig. 3. — Vitesses de filtration d'une gamme de diatomées.

Le filtrat s'écoule par une canalisation reliant la cellule à l'extérieur dans une éprouvette graduée de 2 litres. L'arrivée de l'air comprimé peut se faire à la partie inférieure de façon à assurer une agitation constante du liquide.

Dans le cas des diatomées, le support filtrant est une plaque de marque et de porosité constantes. Le diamètre de la surface utile est de 22,6 mm. La quantité de diatomées testées est de 15 g. L'opération s'effectue sous une pression de 2 bars.

On établit une courbe de filtration par la mesure de la quantité d'eau écoulée en 10 minutes, en faisant une lecture toutes les minutes. S'il s'écoule plus de 2 litres d'eau en 10 mn on note seulement le temps nécessaire pour l'obtention de ces 2 litres. Ces diverses déterminations permettent de classer une terre nouvelle par rapport à celles déjà connues.

A titre d'exemple, pour donner une idée de la répartition des grains de diatomées, voici l'analyse granulométrique d'une diatomée provenant d'Afrique du Nord.

Pourcentage de grains de diamètre inférieur à 50 μ : 92,6

— 30 μ : 74,8

— 10 μ : 17,5

— 5 μ : 4,1

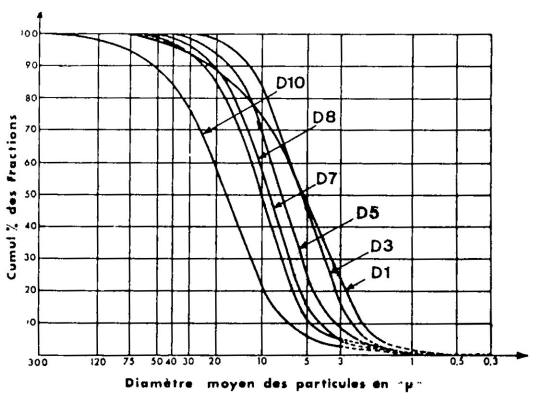


Fig. 4. — Courbes de granulométrie.

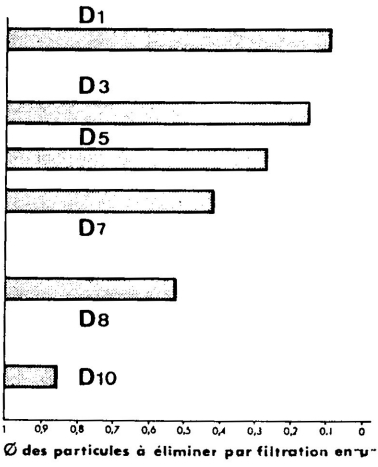


Fig. 5. — Pouvoir filtrant des diatomées.

Il est bien évident qu'un assortiment de particules, grandes et petites, permettra, suivant leurs proportions respectives, d'obtenir la porosité correspondant le mieux à la taille des impuretés à filtrer.

La filtration sur diatomées ne repose pas seulement sur le tamisage des impuretés (caractérisé par la porosité) mais aussi sur les phénomènes d'absorption et d'adsorption.

L'absorption, action mécanique par laquelle une substance est retenue par une autre est en relation avec les forces capillaires. L'adsorption est une action mécanique par laquelle une substance en fixe une autre par charges électriques opposées.

TABLEAU DES CARACTERISTIQUES

Caractéristiques de quelques diatomées d'origines diverses

	Californie	Afrique du Nord		Centre France
	Diatomées activées marines	Diatomées activées	Diatomées calcinées	Diatomées activées marines
Sable (p. 100)	5,2	4,8	2,8	8,9
Humidité (p. 100)	0	0	0	0
Refus au tamis de 22 ..	4,8	5,5	3,2	14,0
Densité	0,180	0,191	0,113	0,226
Vitesse de filtration à la bombe Philippe (ml en 10 minutes) ..	1950	1930	630	2200
Chaux	0,6	2,3	0,3	0,2
Fer	0,008	0,009	0,004	0,004
pH (à partir d'eau de pH = 6,2)	9	9	8,9	8,9

2. **L'amiante.**

L'amiante est un silicate de magnésie. Il en existe de nombreux types qui se différencient par leur résistance, leur flexibilité, leur dureté, leur résistance à l'action chimique et au feu, leur possibilité d'être utilisés comme adjuvant de filtration.

Pour cet emploi on utilise l'amiante en fibres courtes, non utilisée en filature. Ces fibres sont d'abord débarrassées de toutes leurs impuretés ; puis on leur ajoute jusqu'à 40 p. 100 de fibres fines provenant de la mouture.

Les fibres fines permettent d'obtenir une vitesse de filtration très lente. Des mesures précises ont montré que la largeur des fibres devait être comprise entre 1 et 5 microns, leur longueur entre 10 et 20 microns.

La grande surface présentée par ce produit facilite par adsorption la rétention des particules en suspension dans les liquides filtrés.

Les filtres basés sur le principe d'adsorption doivent posséder une surface fibreuse très grande, ce qui implique une épaisseur importante du lit filtrant car l'efficacité de la filtration dépend beaucoup du temps de contact entre le fluide et l'adjuvant de filtration ; on doit aussi tenir compte du fait que les forces d'adsorption sont assez faibles ce qui impose la recherche d'un frottement minimum au moyen d'une vitesse par m^2 faible et d'une faible différence de pression.

Le lit filtrant obtenu avec l'amiante est très résistant et ne risque pas

de passer au travers du support à la suite d'éventuelles variations de pression.

On a donc combiné les propriétés de l'amiante avec celles des diatomées en mettant au point des adjuvants obtenus par mélange d'amiante à fibres longues (pas de poudre) et de diatomées les plus représentatives des gammes des différents fabricants.

Les lits filtrants ainsi obtenus se détachent mieux des supports, les précouches sont plus résistantes, diminuant les risques de fissures du gâteau, les imperfections du support n'empêchent pas la formation de la précouche. La présence de l'amiante augmente cependant le prix de cet adjuvant composite.

3. **La cellulose.**

La cellulose, produit de haute pureté, peut-être également utilisée dans la filtration.

Pour être utilisée sur supports, elle est fabriquée au moyen de procédés spéciaux qui donnent des produits dits à fibres longues, allant de 35 à 165 microns.

Les celluloses sont légères, non abrasives, microporeuses (d'où un taux de filtration plus long) exemptes de matières minérales, à charge électro-négative, (d'où leur possibilité d'adsorber de faibles quantités de cations tels que le fer et le cuivre).

Elles peuvent être mélangées aux diatomées dans la proportion de 1 pour 3, et le cycle de filtration sera ainsi prolongé sans que cela nuise à la limpidité du filtrat.

Au point de vue de son utilisation avec les diatomées ce type de cellulose fibreuse a le même emploi que l'amiante, mais avec l'avantage d'être plus facile à attaquer par les agents détartrants lorsque des fibres restent imbriquées dans le support.

4. **Les perlites.**

Elles proviennent d'une roche naturelle dénommée perlite. C'est un silicate naturel d'alumine, roche tertiaire vitreuse, granitique, de composition rhyolitique provenant de la solidification d'un magma éruptif avec craquelures concentriques en forme de perles.

La particularité que possède cette roche de s'expanser 10 à 20 fois son volume initial, lui donne après cuisson une densité plus faible.

Ses formes en nid d'abeille lui donnent une surface très fortement augmentée, ce qui en fait un adjuvant de filtration de haut rendement.

Sa porosité importante permet d'allonger les cycles et sa faible densité permet de consommer un poids d'adjuvant nettement plus faible qu'avec les autres adjuvants de filtration. Cette diminution est de 30 p. 100 par rapport à la diatomite. Cependant, il faut être prudent dans ses applications car il semble que les résultats de filtration ne soient pas aussi bons qu'avec les diatomées ; peut-être cela tient-il à des effets absorbants ou adsorbants différents.

La perlite est également plus abrasive que la diatomite ce qui provoque l'usure plus rapide des pompes d'injection et de transfert des solutions de perlite.

II. — LES SUPPORTS POUR ADJUVANTS DE FILTRATION

Les diatomées et les autres adjuvants de filtration ont besoin d'un support pour pouvoir être utilisés dans une opération de filtration.

Ces supports peuvent être de trois types différents :

— Supports métalliques à base soit de fils métalliques tissés, soit d'empilage de rondelles matricées, soit de fils métalliques enroulés ;

— Supports en matière plastique sous forme de tissus synthétiques à base de nylon, méraklon, tergal, téflon, etc., soit sous forme d'empilages de rondelles moulées de différentes formes ;

— Supports de carton utilisés en général dans les filtres-presses.

Ces supports, qui doivent présenter des passages assez fins sur lesquels les adjuvants de filtration établissent des ponts solides où ils seront retenus, sont constitués par des surfaces généralement minces, manquant de résistance mécanique et qui ont besoin d'un soutien rigide qui servira également de drainage au liquide filtré ayant traversé la couche filtrante.

Dans le cas des toiles métalliques, ces soutiens sont en général constitués soit par un grillage métallique à maille plus large et à fils plus gros

que la toile filtrante ; soit par des tubes cannelés et perforés dans le cas des surfaces créées par un enroulement hélicoïdal d'un fil mince calibré, ou dans le cas de fourreau en toile métallique légèrement conique, soit par des soutiens en matière plastique usinés ou moulés.

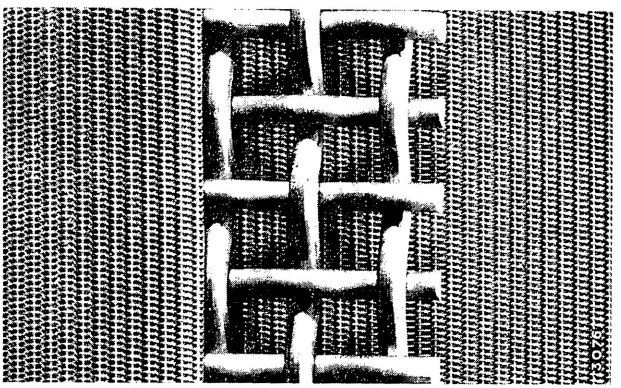


Fig. 6. — Support filtrant en tissu reps d'acier inoxydable.

Dans le cas des cartons lavables, les soutiens peuvent être en tôle inoxydable perforée, en alliage léger émaillé ou en matière plastique thermodurcissable.

En ce qui concerne les tissus, les modes de tissage les plus courants sont les suivants :

Le tissage à **maille carrée** dans lequel les fils de chaîne et les fils de trame, généralement de diamètres égaux, se croisent un à un (tissu uni) ou deux à deux (tissu croisé). Pour être corrects, les tissus de ce genre doivent avoir les ondulations dans les deux sens de même amplitude ; l'épaisseur du tissu doit être voisine de deux fois le diamètre du fil (si le tissage est mauvais l'épaisseur devient voisine de trois fois ce diamètre).

Le tissage **reps** dans lequel les fils de trame, en nappe jointive, sont entrelacés avec les fils de chaîne, parallèles et équidistants. Il peut être également uni ou croisé dans les mêmes conditions que le tissu à maille carrée.

Le soutien doit constituer avec le tissu une surface à passages constants.

Le tissu reps a une forme plus stable que le tissu à maille carrée ; il est également plus rigide.

Chaque tissu est caractérisé par le numéro de la toile et par les diamètres des fils utilisés en chaîne et en trame mesurés en millimètres.

Les numéros de toile correspondent au nombre de mailles existant dans l'unité de mesure.

— La maille est la distance mesurée en millimètres d'axe en axe de deux fils consécutifs.

— Le vide de maille est la distance entre les bords les plus rapprochés de deux fils consécutifs.

Les principales unités de mesures sont les suivantes :

— en France : le pouce métrique de 27,777 mm soit la trente-sixième partie du mètre ;

— en Grande-Bretagne et aux U.S.A. : le pouce (inch) de 25,4 mm ;

— en Belgique : le pouce de 27 mm ;

— en Allemagne : le pouce de 26,16 mm.

En France on utilise également le centimètre linéaire.

Le tissu à maille carrée est caractérisé par un seul numéro (puisque le nombre de fils est le même dans les deux sens) et un seul diamètre de fil.

Toutes les toiles ayant le même numéro, mais des diamètres de fils différents ont un vide de maille différent.

Si M est la maille en millimètres ;

V le vide de maille en millimètres ;

D le diamètre du fil en millimètres,

le nombre de mailles au pouce métrique N ou le numéro de la toile en France est le suivant :

$$N = \frac{27{,}777}{M} = \frac{27{,}777}{V + D}$$

Il est intéressant souvent de calculer le vide de maille à partir des caractéristiques de la toile ; on a : $V = M - D$.

De même pour la surface de tamisage (exprimée en pour cent de la surface totale) :

$$F\ (p.\ 100) = 100\left(\frac{V}{M}\right)^2 = 100.\left(\frac{27{,}777 - ND}{27{,}777}\right)^2 = \frac{(1\,000 - 36\ ND)^2}{10^4}$$

Par exemple pour une toile numéro $N = 80$ et un fil de diamètre $D = 0{,}2$ mm la surface de tamisage est de :

$$(1\,000 - 36 \times 80 \times 0{,}2)^2 \times 10^{-4} = 17{,}98 \text{ p. } 100.$$

Le tissu reps est caractérisé par deux chiffres puisque le nombre de fils de chaîne n'est pas égal à celui des fils de trame.

En effet, les fils de chaîne sont écartés de plusieurs fois leur diamètre ; les fils de trame ont une distance d'axe en axe sensiblement égale à leur diamètre.

De même, le diamètre des fils de chaîne est différent de celui des fils de trame, donc nous trouverons également deux chiffres pour les diamètres. Par exemple tissu reps n° 27 1/2 130 fils 0,32 mm ; 0,22 mm.

Dans ce type de tissu, le vide de maille est caractérisé par le diamètre de la bille passant juste dans les intervalles laissés entre deux fils de trame voisins et le fil de chaîne qu'ils enserrent.

En fonction des paramètres suivants :

m : demi-distance d'axe en axe des fils de chaîne
R : rayon des fils de chaîne
r : rayon des fils de trame

V est donné par la formule :

$$V = \frac{2R\,(m - R - r)\,\sqrt{4r^2 + (R + 2r)^2}}{(m + R + r)\,(R + 2r)}$$

Dans le cas de l'exemple ci-dessus $V = 0{,}112$ mm.

La surface de tamisage ou de passage d'un vide de maille est au moins

égale à la section droite de la bille soit $\frac{\pi}{4} V^2$ (c'est en réalité un triangle gauche).

Comme il y a **a** fils de chaîne et **b** fils de trame par pouce carré, la surface de passage par pouce carré est égale à $\frac{\pi}{4} V^2 \times a \times b$.

Et comme un pouce carré français est égal à 771 mm² le pourcentage de passage par pouce carré est égale à $100 \times \frac{\pi}{4} V^2 \times a \times b \times \frac{1}{771}$ $= 0{,}102\ V^2 \times a \times b$.

Pour l'exemple ci-dessus on a :

$$0{,}102 \times 0{,}112^2 \times 27{,}5 \times 130 = 4{,}55 \text{ p. } 100$$

Ce passage relativement faible est encore nettement supérieur à celui qui est offert au liquide à travers le dépôt de diatomées et d'impuretés.

Les vides de maille du tissu reps sont constants puisque les fils de trame se touchent ; dans le cas du tissu uni ou croisé il peut se produire des déplacements sous l'effet de la pression sur le tissu ou des effets mécaniques au moment du nettoyage.

Matériaux.

Les métaux les plus utilisés pour confectionner les tissus destinés à la filtration des liquides alimentaires, sont les aciers inoxydables :

Soit du type Z 3 CN 18-10 (à bas taux de carbone) pour les liquides comme les vins rouges ;

Soit du type Z 6 CND 18-12 (stabilisé au molybdène) pour les liquides plus agressifs comme les vins blancs.

Avant l'obtention de fils en acier inoxydables propices au tissage, les fils de bronze phosphoreux ont été très utilisés.

Les tissus synthétiques sont confectionnés à partir de fils obtenus par fusion ou dissolution. Ils se trouvent généralement sous trois formes :

— **Brins ou monobrins** de section cylindrique permettant de réaliser

des toiles semblables en aspect et en précision aux toiles métalliques.

— **Fils continus** composés d'un ensemble de brins fins et continus tordus ensemble pour donner un fil d'apparence homogène. Les brins unitaires ont un diamètre de l'ordre de 0,01 mm et leur nombre par fil varie de cinq à plusieurs centaines suivant le diamètre à obtenir.

— **Filés** composés de brins fins coupés en petites longueurs et filés par torsion comme la laine ou le coton. Ils ont un aspect duveteux.

Les tissus synthétiques sont utilisés dans les filtres à poches, dans les filtres presses, dans les filtres à vide et dans les filtres à piscine.

Des traitements rendent la surface plus ou moins lisse suivant qu'on veut retenir le tourteau ou faciliter son nettoyage.

Par exemple, un traitement thermique sous pression donne un tissu plus fermé sur une seule face réduisant les risques de colmatage ; d'autre part, un traitement thermique sous tension évite l'allongement du tissu tant que l'effort de filtration restera inférieur à la tension de traitement (précontrainte).

D'autres supports pour les diatomées sont constitués par un empilage de rondelles métalliques matricées de 0,8 à 1,2 mm d'épaisseur, de diamètre extérieur compris entre 22 et 28 mm, d'un diamètre intérieur de 16 à 22 mm.

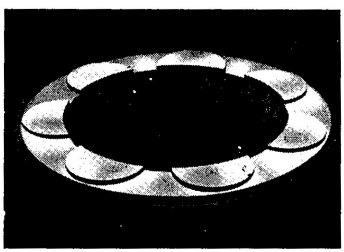


Fig. 7. — Rondelle matricée de support filtrant type « bougie ».

Ces rondelles portent sur une face un certain nombre de protubérances circulaires qui laissent entre elles des creux. En mettant au contact de cette face la face lisse de la rondelle suivante, on crée dans ces creux des passages en forme de fente. C'est à l'entrée de ces fentes, dans le sens de l'extérieur vers l'intérieur, que va se faire le pont de diatomées. Les fentes ont une ouverture de 0,05 à 0,085 mm ; elles ont la particularité

d'aller en augmentant dans le sens du liquide ce qui fait que toute particule qui a réussi à passer à l'entrée de la fente, sort librement sans rester coincée à l'intérieur.

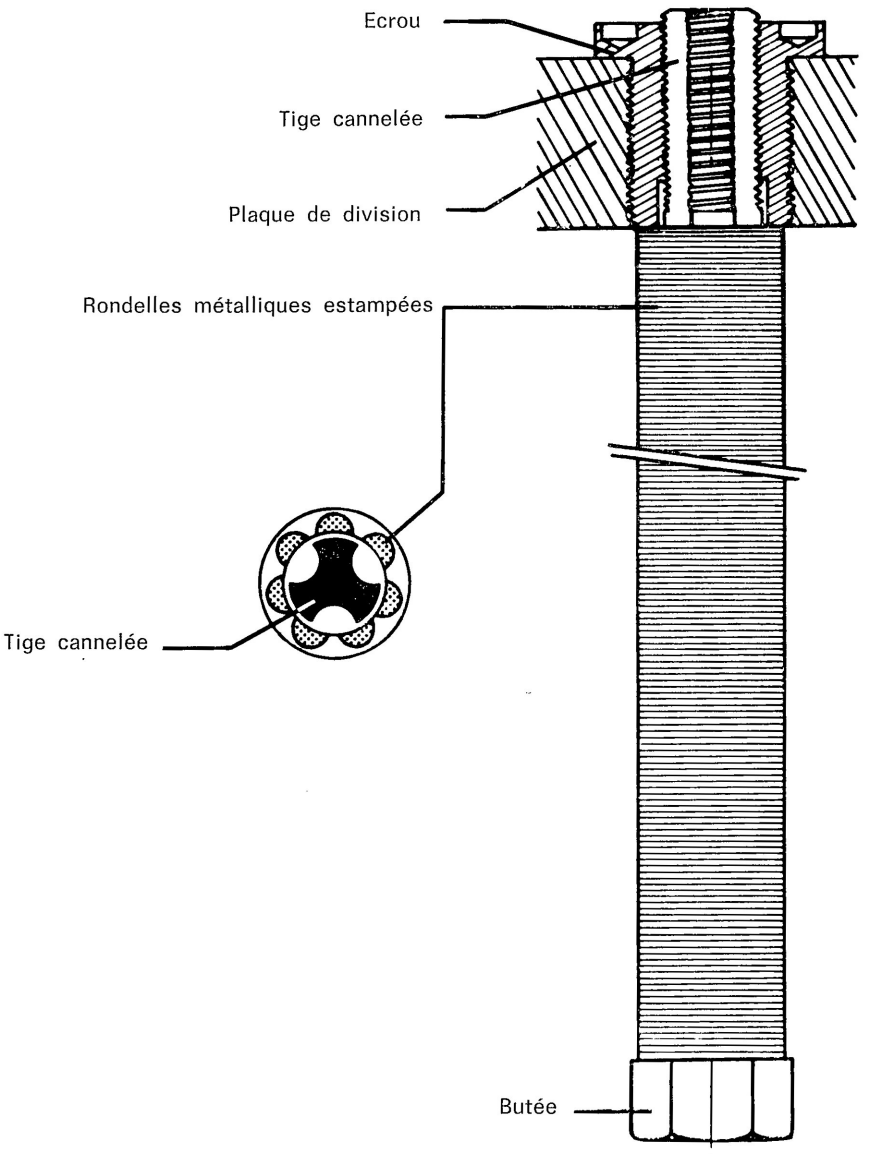


Fig. 8. — Schéma montrant la constitution d'une bougie d'anneaux en acier inox.

Ces rondelles sont serrées les unes contre les autres par une tige centrale à section en forme d'Y, filetée à une extrémité et portant un six pans à l'autre.

Cette forme de tige permet à la fois le centrage des rondelles et le drainage du liquide filtré ; l'élément filtrant déterminé par cet assemblage est très résistant à la pression puisqu'on réalise ainsi un tube de 3 mm d'épaisseur qui permet un nettoyage à contre-courant.

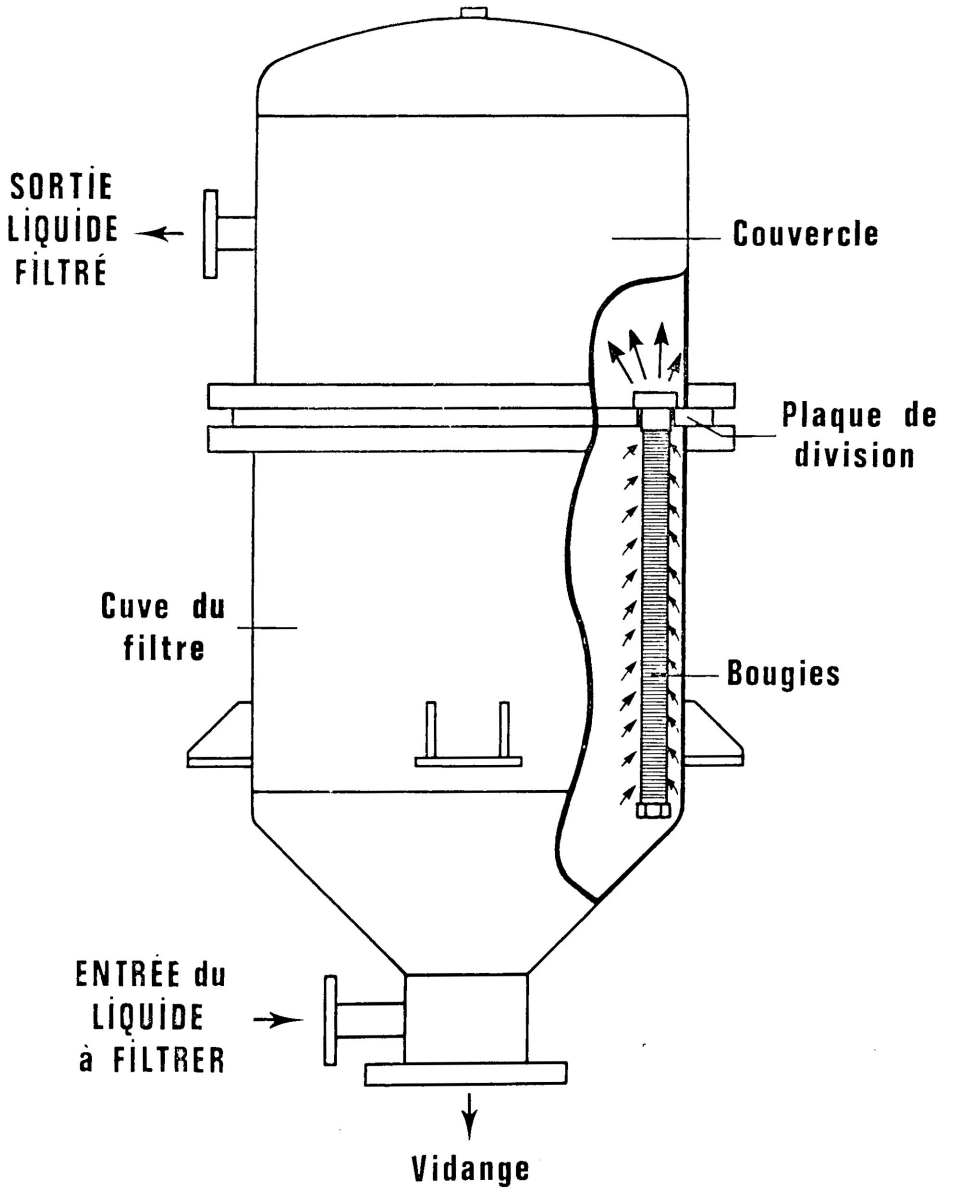


Fig. 9. — Disposition adoptée dans un filtre à bougies.

D'autres réalisations sont faites à partir de fils métalliques enroulés en hélice sur un support cylindrique, soit par exemple un fil rond, lisse,

enroulé sur un cylindre portant une rainure en hélice dans laquelle le fil vient se loger de façon à laisser entre les fils un espace régulier égal à la différence entre le pas de l'hélice et le diamètre du fil. Des perforations sur la surface du support cylindrique permettent le passage du liquide filtré. Il existe cependant un inconvénient : entre ces fils et la surface lisse entre deux perforations, les adjuvants de filtration peuvent rester coincés.

On peut également utiliser un fil de section rectangulaire sur lequel on a fait apparaître, par écrasement, sur une face, des protubérances de quelques centièmes de millimètres. En enroulant ce fil sous forme de spires jointives en orientant ces protubérances suivant les génératrices du cylindre, on crée entre elles et la partie lisse opposé du fil des passages en forme de fentes dont la hauteur est égale à celle des protubérances. L'enroulement se fait soit sur un tube lisse perforé, soit sur un tube cannelé, perforé au fond des cannelures.

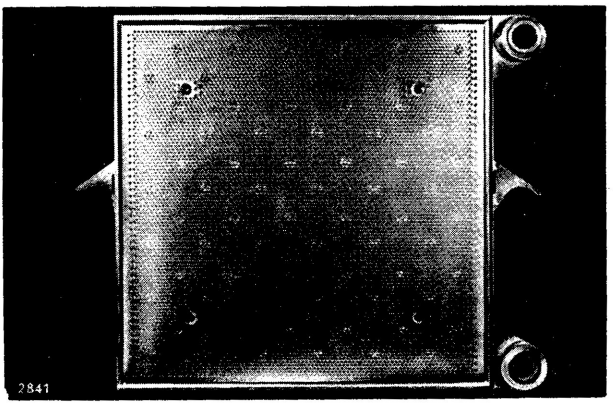


Fig. 10. — Plateau support pour cartons lavables.

Certains supports sont également réalisés avec des cartons dits lavables parce qu'ils peuvent resservir tant qu'ils n'ont pas été pollués dans leur épaisseur par les impuretés non arrêtées par les adjuvants. Ces cartons sont utilisés dans les filtres-presses sur des supports perforés ou moulés aves des stries. Ils sont faits de fibres soudées légèrement entre elles par des résines qui permettent une porosité importante.

III. — ALLUVIONNAGE ET FILTRATION

Réalisation de la précouche.

L'utilisation des adjuvants de filtration modifie les phénomènes à l'intérieur des filtres. Le support n'est plus filtrant et les produits comme

les diatomées ou l'amiante en poudre ne sont plus employés pour uniformiser le lit filtrant constitué par le support filtrant et les impuretés retenues.

Il faut donc, sur un support approprié, constituer le lit filtrant ou précouche qui doit pouvoir retenir toutes les impuretés qui se présentent, puis envoyer au sein du liquide entrant dans le filtre, une certaine quantité de l'adjuvant de filtration approprié ; les particules de ce dernier vont s'agglomérer aux particules mucilagineuses ou pectiques avant de venir se déposer sur le lit filtrant.

Ce mélange intime de l'adjuvant de filtration et des impuretés maintient la porosité de la masse et évite l'obstruction des pores de la précouche par effet de tamisage.

Par simplification, chaque fois que nous parlerons d'adjuvants filtrants, nous emploierons le terme « diatomée ».

Nous avons donc, en filtration, trois éléments importants :

— le support,

— la précouche,

— l'alluvionnage ou apport continu.

Le support a pour but de permettre tout d'abord la formation de la précouche, puis son maintien tout au long de la filtration dans les meilleures conditions possibles. Si ce but est évident dans le cas des supports métalliques, il doit être également atteint dans le cas des supports en carton ou en tissu afin d'obtenir des valeurs de filtration toujours reproductibles.

Les cartons et les tissus exercent par eux-mêmes un certain effet filtrant indépendant du rôle filtrant de la précouche, effet qui s'y ajoute si cette précouche est mal calculée ; ceci présente l'inconvénient d'obliger, plus rapidement que prévu, le remplacement de ces supports colmatés par les impuretés qu'ils ont arrêtées.

La précouche doit être réalisée au moyen du liquide clair, filtré de préférence, si on désire une filtration de grande qualité.

L'organisation du circuit doit permettre l'obtention d'une précouche d'épaisseur constante sur toute l'étendue de la surface du support ; celle-ci

devra donc être mouillée complètement par le liquide d'apport de la précouche ; il faudra par exemple bien éliminer l'air du filtre avant de commencer et même en cours d'opération ; de plus, la vitesse du liquide doit être régulière et suffisante pour que les diatomées se déposent sur les supports métalliques avant d'avoir eu le temps de décanter. Cette dernière condition peut être obtenue au moyen d'une pompe bien adaptée à la résistance du circuit et dont le débit, plus important que celui de filtration, sera adapté à la surface à enduire en utilisant un débitmètre de réglage.

En fin d'opération de précouche, on doit terminer celle-ci à la vitesse de passage du liquide qui sera celle adoptée pour la filtration proprement dite.

Le matériel nécessaire à la réalisation de la précouche comprend :

— une cuve de mélange à précouche avec un agitateur,

— une pompe de circulation à fort débit dont l'aspiration est reliée à la vidange de la cuve de mélange par une vanne interposée et le refoulement à l'entrée dans le filtre.

La sortie du filtre se fait, à travers un mireur de liquide filtré, par une tuyauterie ramenant le liquide à la cuve de mélange après dépôt d'une partie des diatomées sur le support, en principe les particules les plus grosses. Celles qui ont réussi à passer seront arrêtées au passage suivant dans les interstices de la première couche des diatomées les plus grosses.

Après un temps plus ou moins long, selon l'organisation du circuit et la qualité du support, il ne retourne plus à la cuve de mélange qu'un liquide clair et brillant. La précouche est alors termineé.

La filtration.

Il va s'agir ensuite de commencer la filtration proprement dite et pour que l'opération soit réussie, il va falloir envoyer dans le circuit et la cuve du filtre, en même temps que les premiers litres du liquide à filtrer, la quantité de diatomées nécessaires à l'agglomération des impuretés à retenir.

Il va donc falloir disposer d'une solution concentrée de diatomées et d'un moyen pour injecter, régulièrement et en quantité bien déterminée, ces diatomées dans le circuit de filtration et à l'entrée de la cuve du filtre.

Il va falloir placer une cuve de mélange munie d'un agitateur, dans laquelle sera réalisé le mélange des diatomées et du liquide d'apport, en principe filtré. Il faudra ensuite utiliser un dispositif doseur pour injecter la quantité désirée de ce mélange dans le circuit.

Ces deux conditions étant réalisées, la filtration proprement dite peut alors commencer. Par un jeu de vannes, on envoie à la pompe de filtration, le liquide à filtrer venant de la cuve de stockage et on ferme la communication avec la cuve de mélange de la précouche.

Aussitôt après, on ouvre la vanne de liquide filtré vers la nouvelle cuve de stockage et on ferme le retour vers la cuve de précouche. Simultanément, on met en route le dispositif d'injection des diatomées dans le circuit.

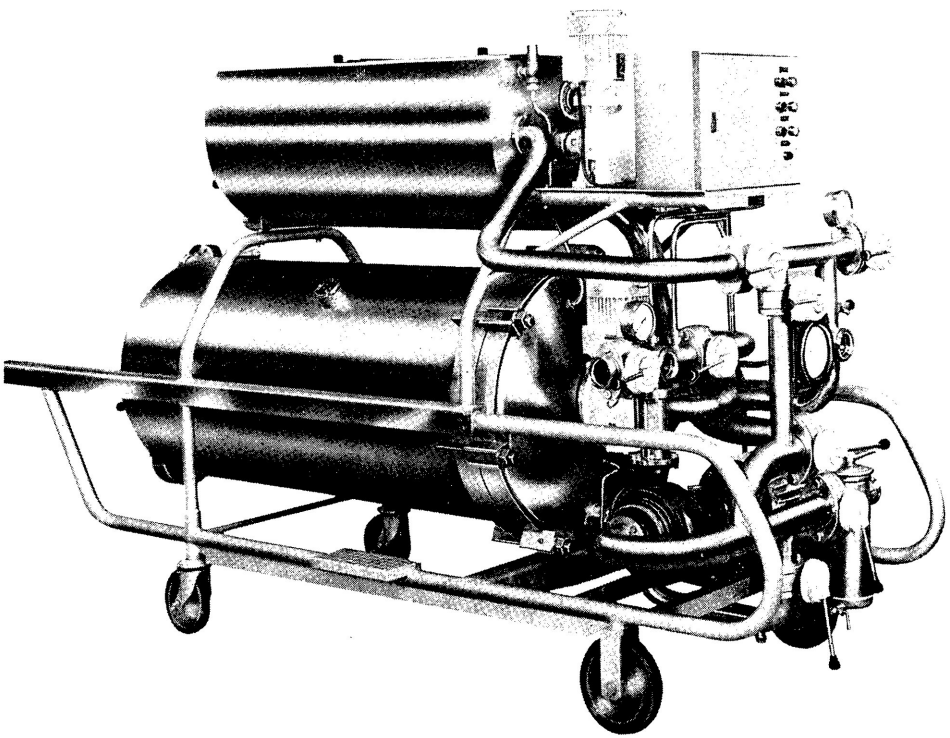


Fig. 11. — Filtre à diatomées, à éléments plats circulaires, avec cuve ouvrante pour vérification.

L'opération de filtration sera terminée quand au moins l'une des conditions suivantes sera remplie :

— épuisement du liquide à filtrer,

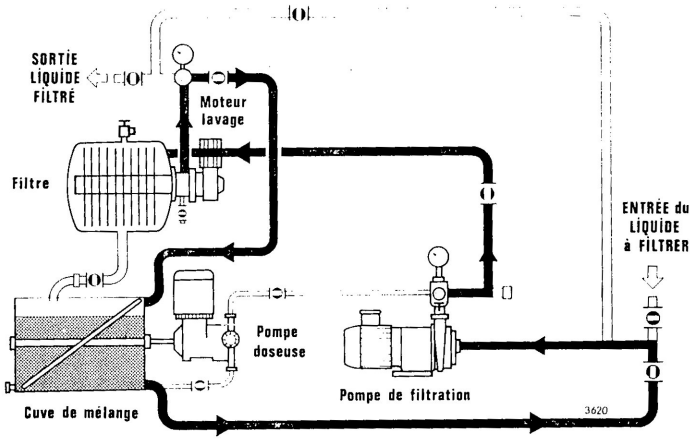


Fig. 12. — Schéma des circuits dans un filtre à diatomées ; première opération, la précouche.

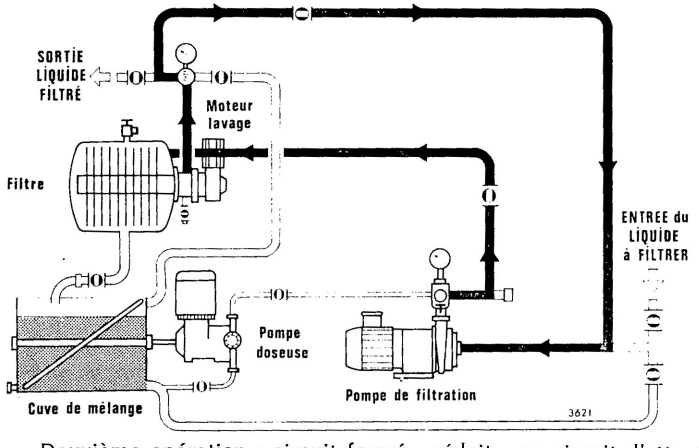


Fig. 13. — Deuxième opération : circuit fermé « réduit » ou circuit d'attente.

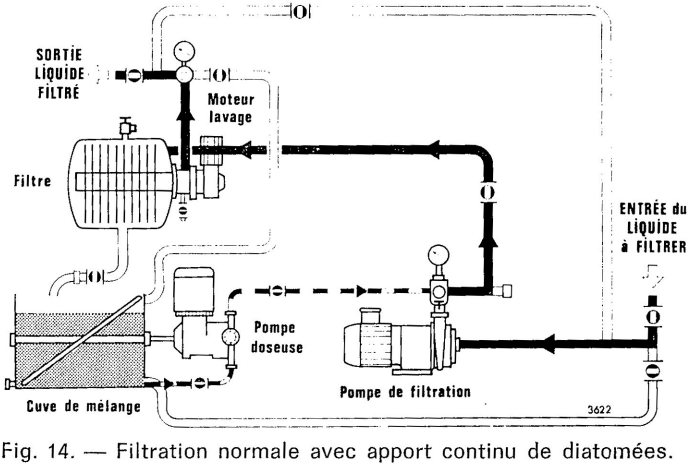


Fig. 14. — Filtration normale avec apport continu de diatomées.

— supports recouverts de l'épaisseur maximale admissible de tourteau,

— pression dans la cuve du filtre ayant atteint le maximum compatible avec un débit normal du filtre.

Il faudra alors procéder à la récupération du liquide non filtré remplissant le filtre, puis au nettoyage de l'ensemble des supports et des circuits ; ceux-ci doivent retrouver la même propreté qu'avant l'opération de précouche pour permettre avec succès une nouvelle filtration.

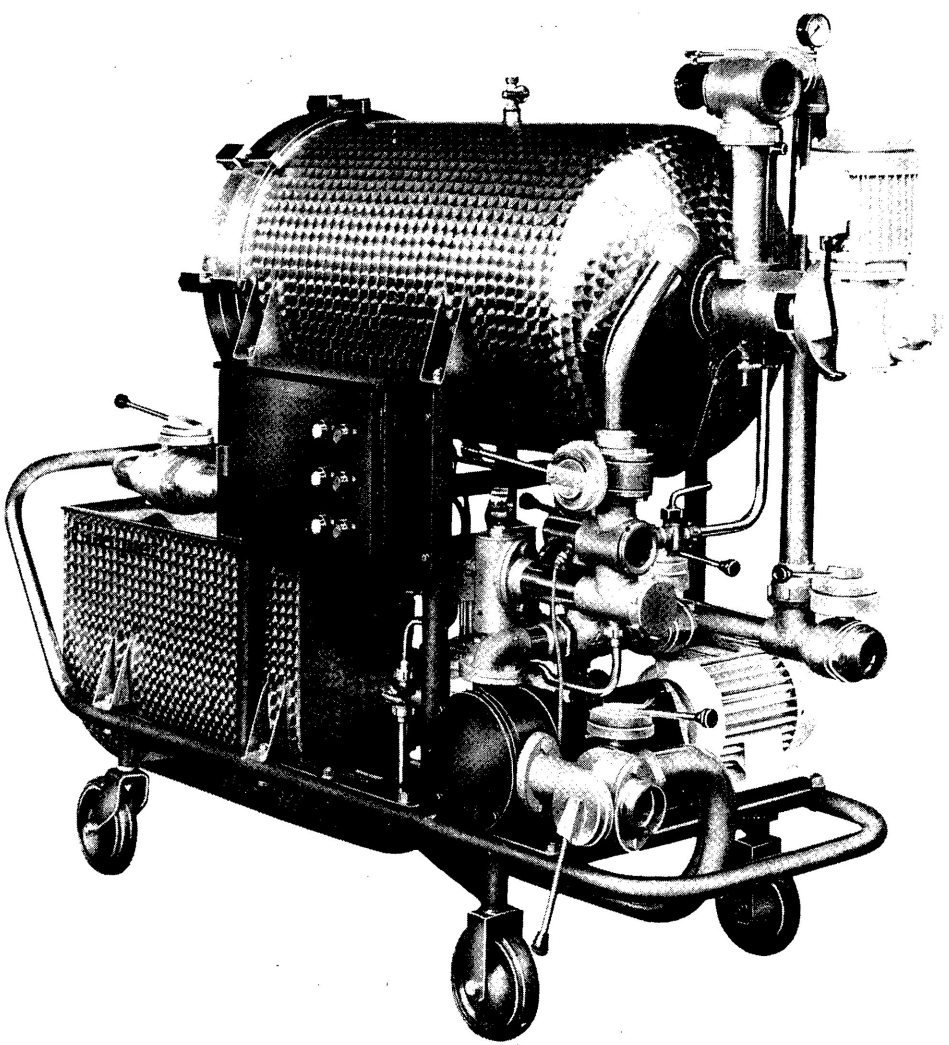


Fig. 15. — Filtre à diatomées simple mais complet.

Les matériels utilisés.

Le processus général qu'on vient de décrire nous conduit à définir les matériels utilisés pour réaliser les opérations successives nécessaires à une bonne filtration avec adjuvants et supports non filtrants.

— **Cuve de mélange et cuve d'alluvionnage continu.** — La cuve de mélange, pour la précouche, doit être d'une taille suffisante pour permettre la dilution des diatomées choisies (dans une proportion voisine de 10 p. 100) et pour assurer la circulation du liquide en retour en évitant les effets tourbillonnaires susceptibles d'envoyer de l'air dans le circuit, ce qui est préjudiciable à une formation régulière de la précouche.

La cuve d'alluvionnage doit permettre de réaliser les solutions d'apport à la concentration choisie, contenir, en une ou plusieurs fois, la quantité maximale de diatomées acceptable par le filtre sans détérioration des supports et maintenir constamment les diatomées en suspension à l'aide d'un agitateur. La méthode adoptée actuellement pour l'apport continu des diatomées consiste à injecter dans le circuit à l'aide d'une pompe à membrane, une quantité variable d'un mélange à concentration constante.

— **Les doseurs.** — Au début de l'utilisation de la filtration avec apport continu d'adjuvant de filtration, deux types de doseurs ont été utilisés.

Un doseur sans agitateur ni pompe doseuse, qu'on peut qualifier de statique, dans lequel l'apport continu était obtenu par une dérivation du circuit de liquide à filtrer entre la pompe de filtration et le filtre. Le liquide dérivé emportait, par érosion de la masse de diatomées, une quantité de diatomées qui venait se mélanger aux impuretés à retenir ; le dosage restait cependant assez imprécis.

Un doseur basé sur le principe de dosage des diatomées en poudre sèche à l'aide d'une vis d'Archimède à vitesse variable. La pompe à membrane était à débit constant et injectait dans le circuit une quantité constante d'un mélange à concentration variable. L'avantage de ce système consistait dans la possibilité de pouvoir soit changer de qualité de diatomées, soit apporter momentanément en mélange une autre qualité de diatomées.

La cuve de mélange pour la précouche et celle pour le mélange de l'apport continu peuvent être confondues en une seule. Dans ce cas, pendant la phase de préparation de la solution d'apport continu, on continue

à assurer l'effort d'appui du liquide sur le lit filtrant en reliant directement la sortie du filtre à l'aspiration de la pompe de filtration par l'intermédiaire d'une vanne de sectionnement (voir fig. 13).

— **Les pompes.** — **La pompe doseuse** est appelée aussi « pompe à membrane » car pour pomper ces suspensions siliceuses, donc abrasives, il est nécessaire de séparer l'organe actif des pompes doseuses (le piston) du mélange siliceux, par une membrane souple et résistante. Cette membrane, faite de caoutchouc avec insertion de toile coton, peut être commandée de diverses façons :

— soit par attaque directe de la tige de piston ; dans ce cas, le piston est constitué par la membrane elle-même et les rondelles métalliques qui l'enserrent ;

— soit par l'intermédiaire d'un volume de liquide remplissant exactement la cavité formée par le cylindre, l'extrémité pleine du piston et la face extérieure de la membrane.

Par l'effet de la dépression du piston sur ce liquide, la membrane est tirée vers l'arrière : c'est la phase aspiration ; lorsque le piston revient vers la membrane, le liquide étant incompressible, on a la phase refoulement.

Les obturateurs de cette pompe sont constitués par des boulets en caoutchouc, lestés par une âme sphérique métallique ; les sièges sont métalliques, généralement en acier inoxydable.

Les boulets, en tournant, permettent d'éviter que des particules siliceuses restent intercalées entre le caoutchouc et le métal du siège, comme cela serait le cas si c'était toujours la même face caoutchoutée qui venait à son contact.

La pompe de filtration doit être à flux constant pour éviter les effets de compression-dépression engendrés par la veine liquide sortant d'une pompe alternative ; elle est donc du type centrifuge, modèle le moins sensible au passage des impuretés et en particulier des diatomées constituant la précouche.

Dans le cas de liquide à filtrer se trouvant dans des cuves en-dessous du niveau du filtre, on utilise des pompes à amorçage automatique à canaux latéraux, ou mieux des pompes mixtes possédant un premier étage constitué par une turbine à amorçage et une turbine centrifuge en parallèle

suivi d'étages supplémentaires avec turbines centrifuges seulement. Cette disposition est motivée par l'ajustage précis des turbines à amorçage automatique dans leurs alvéoles, ajustage qui prend rapidement du jeu sous l'influence de l'usure due à l'abrasion des diatomées.

Toutes ces pompes sont munies de garnitures mécaniques tournantes pour assurer l'étanchéité des sorties d'arbre.

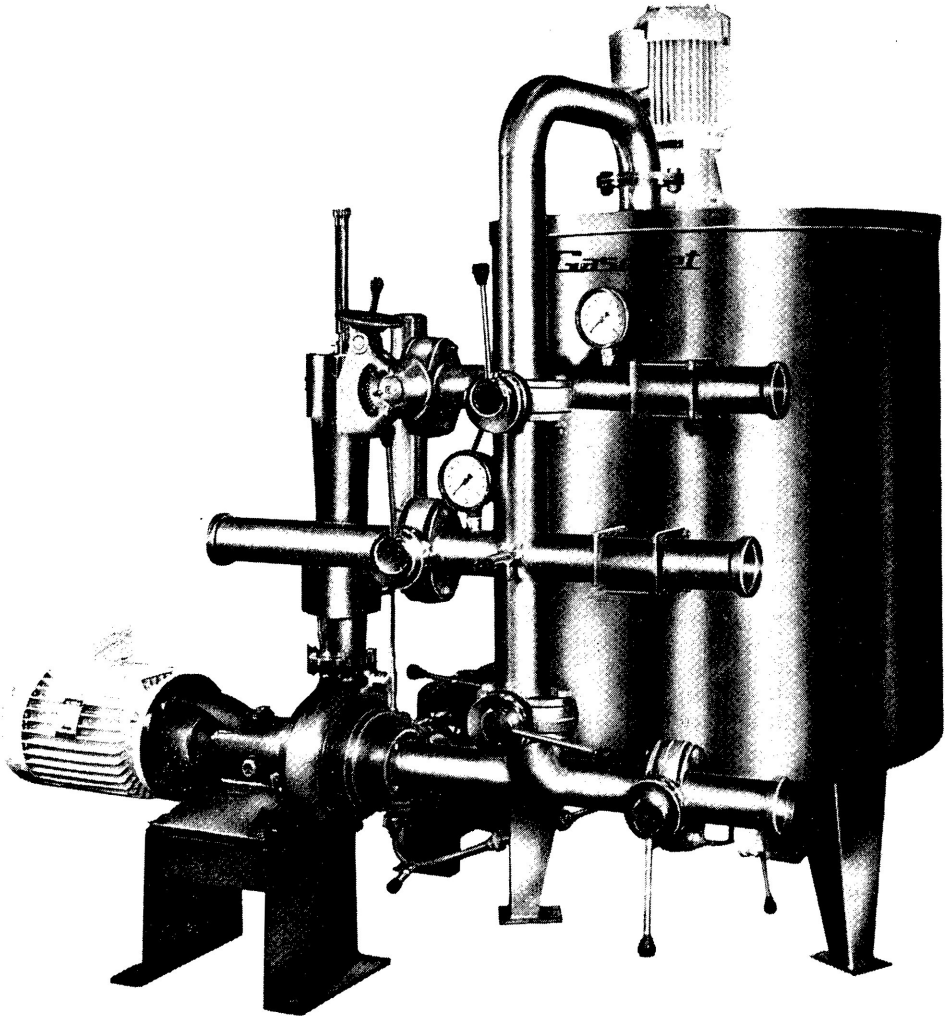


Fig. 16. — Doseur de diatomées avec cuve de mélange et pompes de circulation et d'injection.

Le reste du circuit de tuyauterie comporte au refoulement de la pompe les éléments suivants :

— un clapet de non retour en cas de panne de courant,

— un débit mètre pour facilier les réglages.

— un mireur de liquide brut permettant également le contrôle de la marche de la pompe à membrane,

— un manomètre mesurant la pression à l'entrée du filtre ;

A la sortie du filtre on a les éléments ci-après :

— un mireur du liquide filtré,

— un manomètre mesurant la pression à la sortie du filtre,

— un ensemble de robinetterie permettant le réglage des débits du filtre aux différents stades de l'opération.

— **Les filtres.** — Le filtre proprement dit est constitué par une cuve cylindrique avec fond galbé en anse de panier. Cette forme est la seule qui permette de résister à des pressions de l'ordre de 6 à 10 bars.

Dans le cas de supports en tissu métallique, ceux-ci sont de forme circulaire avec une sortie centrale de liquide filtré dont l'ensemble est collecté par une colonne centrale perforée.

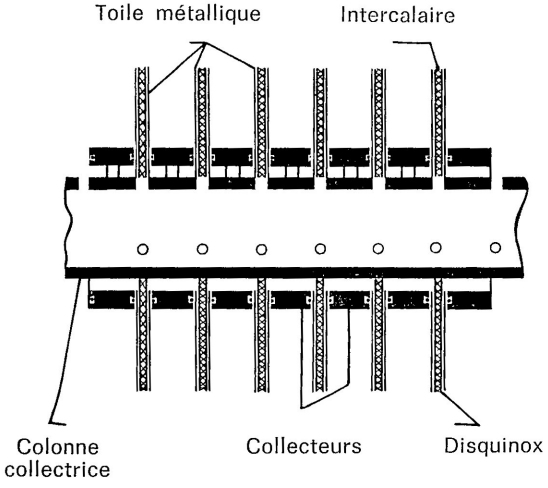


Fig. 17. — Schéma de montage d'éléments filtrants circulaires sur une colonne collectrice.

Côté entrée de liquide, une cloison non perforée à grand diamètre permet de répartir le liquide à filtrer le long des génératrices de la cuve cylindrique, jusqu'au fond. Une perforation appropriée de la colonne permet d'égaliser les débits de liquide sur chacun des supports unitaires en répartissant les pertes de charge, compte tenu des distances différentes parcourues par le liquide traversant chaque support.

La colonne peut être horizontale et les disques sont verticaux ; cette disposition permet la formation d'un tourteau sur chacune des faces, elle peut être verticale ; les disques sont alors horizontaux mais une seule des faces, celle de dessus, peut recevoir le tourteau.

La colonne centrale peut être entraînée en rotation pour permettre l'élimination du tourteau par lavage avec rotation du faisceau filtrant.

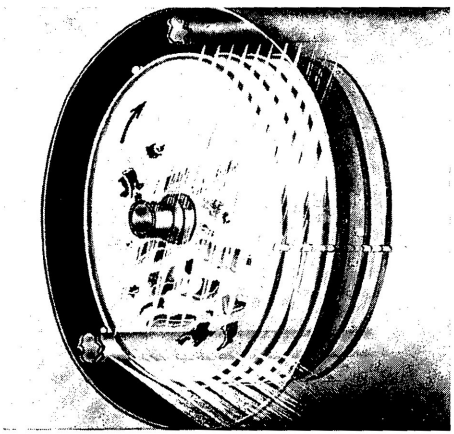


Fig. 18. — Lavage des supports filtrants par jets d'eau sous pression, avec rotation.

Lorsque la colonne est horizontale, les rampes de lavage à trous perforés agissent surtout pour l'enlèvement du tourteau qui tombe rapidement sur la génératrice inférieure de la cuve et ensuite pour le rinçage des supports circulaires.

Lorsque la colonne est verticale, elle doit être très rigide car elle doit pouvoir tourner rapidement pour faire glisser le tourteau par effet centrifuge vers la périphérie des disques. Un arrosage de la paroi de la cuve permet au tourteau de tomber sans rester accroché.

Certains filtres à cuve verticale sont équipés de supports métalliques à profils rectangulaires et à angles arrondis ; le sertissage extérieur forme collecteur et le liquide sort sur le petit côté inférieur par une tubulure en forme de tétine pénétrant dans un collecteur horizontal.

Dans certains filtres à colonne horizontale, la cuve est à ouverture rapide et coulisse pour dégager l'ensemble des supports métalliques ; cette disposition permet une inspection facile de l'état de propreté des supports ainsi que leur état mécanique. De plus, par des moyens appropriés, on peut ouvrir, avant lavage, et faire tomber les tourteaux dans

un chariot sans utiliser l'eau, donc sans polluer les caniveaux. Après fermeture on pratique simplement un rinçage.

Dans certains modèles horizontaux, la cuve est fixée et c'est l'ensemble couvercle, colonne et faisceau des supports qui est mobile.

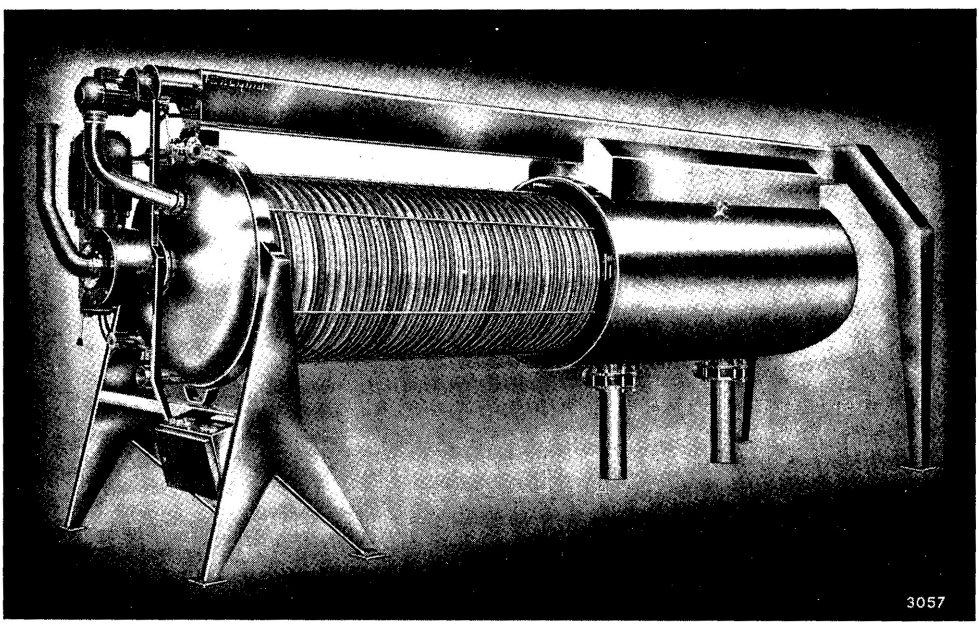


Fig. 19. — Filtre à diatomées seul (doit fonctionner avec un doseur du type de celui de la fig. 16).

Dans le cas du support réalisé à l'aide d'un empilage de rondelles à empreintes, le filtre est à cuve verticale. Il est composé d'une cuve inférieure cylindro-conique supportée par quatre pieds avec une tubulure à grosse section raccordée à la petite base inférieure du cône. Une plaque de division ferme la partie cylindrique supérieure et est percée d'un nombre important de trous taraudés au travers desquels on visse l'extrémité des bougies ; celles-ci pendent à l'intérieur de la cuve cylindro-conique ; le tout est surmonté d'une cloche pouvant recevoir un gaz (CO_2 ou air). La plaque de division sépare donc le filtre en deux parties :

La partie inférieure reçoit le liquide à filtrer pénétrant dans les bougies de l'extérieur vers l'intérieur ; le liquide filtré chemine à travers les âmes en Y pour venir se rassembler à la partie supérieure de la plaque et sortir par une tubulure fixée sur la cloche.

Cette disposition des supports filtrants, sans mécanique, permet un nettoyage énergique et efficace.

Le liquide qui emplit la cuve ayant été récupéré, on ferme le robinet de sortie de la cloche et on emplit le filtre avec de l'eau dans le sens de la filtration. L'air contenu dans le filtre se trouve comprimé dans la cloche et l'eau remplit la cuve du bas, traverse les bougies et vient se répandre dans la partie supérieure du filtre, au-dessus de la plaque de division. Le débit s'arrête lorsque la pression de la pompe et celle de l'air s'équilibrent (6 bars environ). A ce moment on arrête la pompe et on ouvre la vanne de vidange se trouvant à la partie inférieure du cône. Sous l'effet de l'air comprimé, il se produit une détente rapide du liquide ; l'eau, sur la plaque, se précipite à l'intérieur de chaque bougie en produisant l'éclatement du tourteau qui l'entourait comme une gaine ; les sédiments sortent par le bas.

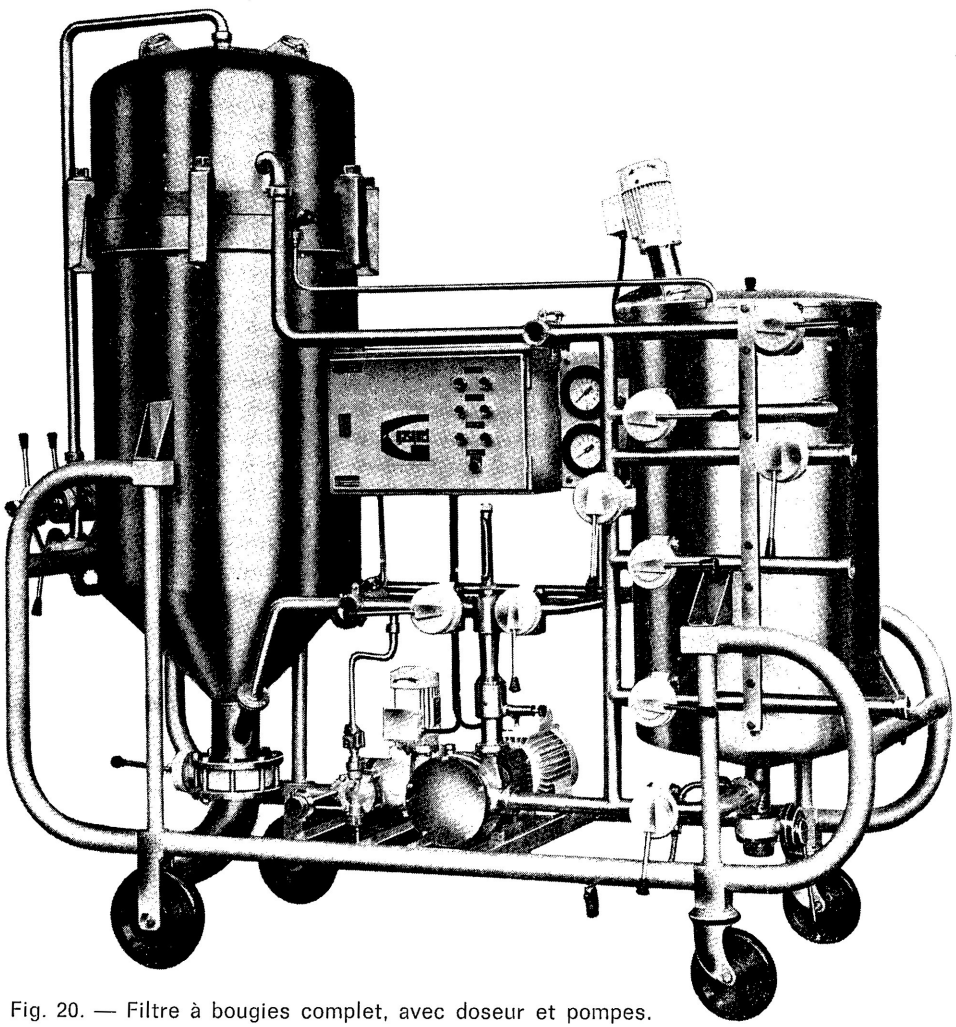


Fig. 20. — Filtre à bougies complet, avec doseur et pompes.

On procède à deux autres remplissages qui permettent le rinçage de l'intérieur des empreintes des bougies.

L'avantage de ce montage et de ce type de support réside dans la robustesse du support et l'absence d'éléments mécanique à entretenir ou de joints à changer.

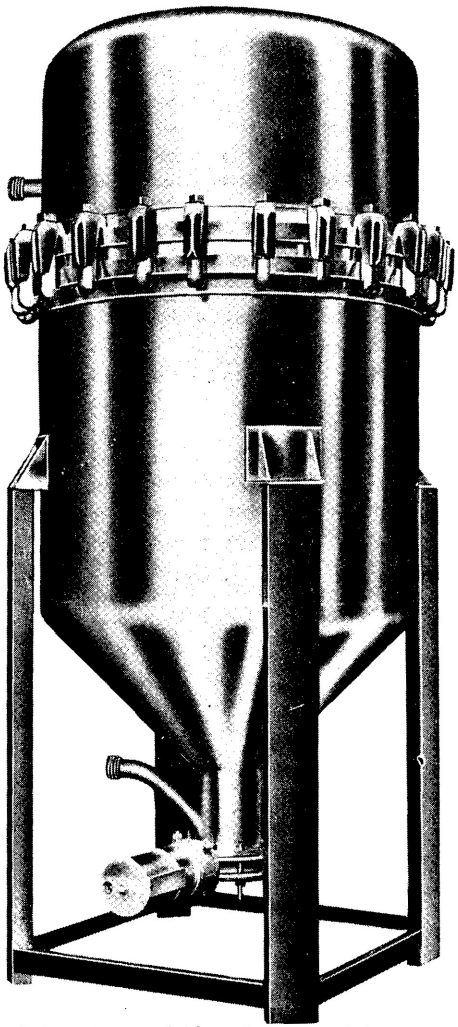


Fig. 21. — Filtre à bougies seul (fonctionne conjointement à un doseur).

Comme pour les supports métalliques, les métaux employés pour la construction des carcasses de filtres sont, depuis dix à douze ans, à base d'aciers inoxydables type Z 3 CN 18-10 pour les liquides peu agressifs ou type Z 6 CND 18-12 pour les autres.

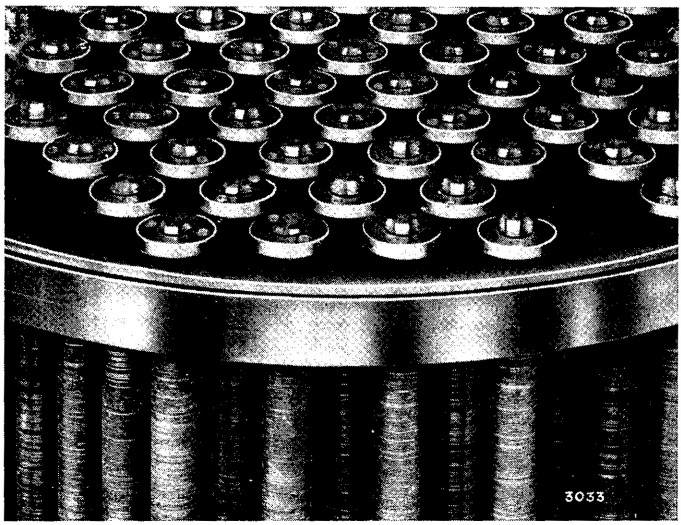


Fig. 22. — Plaque de division supportant les éléments fitrants d'un filtre à bougies.

Autrefois, beaucoup de cuves ont été réalisées en acier doux protégé à chaud par des laques synthétiques ; pour certains filtres à présentation économique, les paliers supports de colonne ainsi que quelques accessoires sont encore en bronze ; lorsqu'il y a rotation au sein du liquide, les bagues de roulement sont en téflon chargé (c'est-à-dire armé de laine de verre). Les joints sont en caoutchouc alimentaire résistant au frottement (soit en caoutchouc naturel « polybutadiène » soit en caoutchouc « butyl alimentaire »).

Le choix d'un filtre est déterminé, en principe, par trois conditions :

— l'obtention de la brillance recherchée,

— la vitesse instantanée de filtration **D** pour un liquide déterminé, exprimée en hectolitres par heure,

— le cycle de filtration, c'est-à-dire le volume filtré entre deux lavages, conditionné par le volume maximum de tourteau **M** acceptable par le filtre, exprimé en kg.

La brillance recherchée et les caractéristiques du liquide à filtrer permettent de déterminer les paramètres suivants :

— la vitesse de filtration **v** exprimée en hectolitres par m^2 de support et par heure ;

— le poids **p** d'un type donné de diatomées à ajouter à chaque hectolitre filtré, exprimé en grammes.

Le rapport $\frac{D}{v} = \mathbf{S}$ donne la surface des supports exprimée en m^2 ;

Le rapport $\frac{1000\ M}{p} = \mathbf{Q}$ donne le nombre d'hectolitres filtrés entre deux lavages.

Il se peut que **Q** ne corresponde pas au cycle désiré ; si **Q** est plus faible, il faut alors augmenter **S** puisque **M** est proportionnel à **S.**

Quand on a différents types de liquides à filtrer il faut que la pompe de filtration et la surface choisie soient capables de répondre à tous les types de filtration, c'est-à-dire à tous les cas compris entre les cas extrêmes suivants : fort débit et apport faible ou faible débit et apport important.

Quand le filtre possède une communication entre sa sortie et l'entrée de la pompe de filtration, on peut diluer le liquide très chargé entrant dans le circuit avec du liquide venant d'être filtré.

Les pompes à membrane actuelles étant à débit variable, il faut les régler en fonction de la vitesse de filtration D (exprimée en hectolitres par heure), de l'apport p (exprimé en grammes par hectolitre) et de la concentration de la solution d'apport c (exprimée en grammes par litre). Le débit exprimé en litres par heure sera donc donné par la formule suivante :

$$\frac{D \times p}{c} \text{ litres par heure}$$

La pression intéressante pour le filtreur est celle qui agit sur le lit filtrant, c'est-à-dire la différence entre la pression du manomètre à l'entrée du filtre et la pression du manomètre à la sortie. Il est recommandé de limiter cette différence à 5 bars environ car plus le tourteau a été tassé plus il sera difficile à enlever par lavage automatique.

Les vitesses de filtration vont de 3 à 5 hectrolitres par m^2 et par heure pour des liquides très chargés en impuretés colmatantes comme les jus de raisins frais, les jus de pommes, les cidres, la bière et les sirops ; elles

sont de 15 et même 25 hectolitres par heure pour des vins ayant subi soit des soutirages, soit des filtrations préalables.

A propos des adjuvants nous avons évoqué les précautions à prendre pour éviter la fissuration de la précouche et du tourteau ; il existe donc un ordre de manœuvre des vannes permettant la réalisation correcte des circuits pendant la filtration.

Filtration automatisée. — Pour éviter les fausses manœuvres provenant de l'inexpérience de la main-d'œuvre ou d'une mauvaise observation des consignes, l'automatisation apporte une solution rationnelle, surtout pour les installations de quelque importance.

Chaque vanne du circuit est munie d'un actionneur électropneumatique

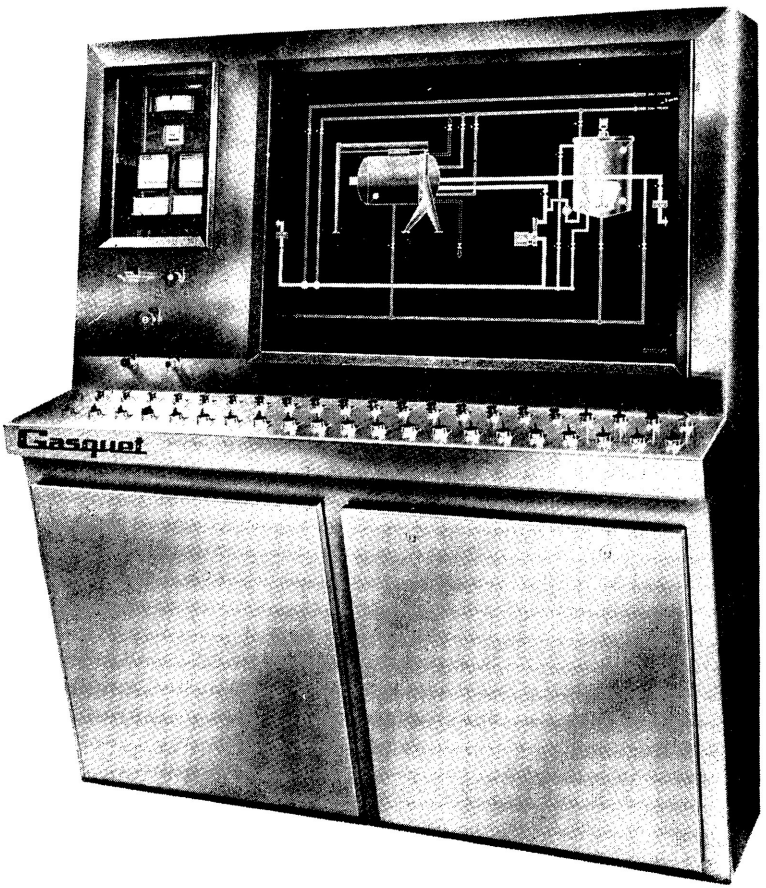


Fig. 23. — Armoire de programmation pour filtration entièrement automatisée.

qui lui permet de répondre à une impulsion électrique. Des sondes de niveau sont ajoutées pour contrôler le remplissage et la vidange des cuves d'alluvionnage ou du filtre, voire même des cuves de liquide à filtrer ou de celles recevant le liquide filtré. Une armoire électrique avec synoptique contient un ensemble de composants électriques et électroniques permettant la réalisation séquentielle d'un programme de filtration déterminé variable suivant les liquides à filtrer. Une vanne de régulation de débit est prévue entre le pompe et le filtre ; le débit peut également être maintenu constant par variation de la vitesse de la pompe de filtration. Le contrôle qualitatif est fait par un néphélomètre continu qui, dans le cas d'un trouble en cours de filtration, évite de mélanger le liquide trouble au liquide déjà filtré. Un manomètre différentiel enregistreur peut suivre l'augmentation de la pression sur le lit filtrant. Un manomètre à maxima arrêtera le cycle si la pression dépasse la valeur maximum fixée. Des minuteries fixent la durée de certaines opérations.

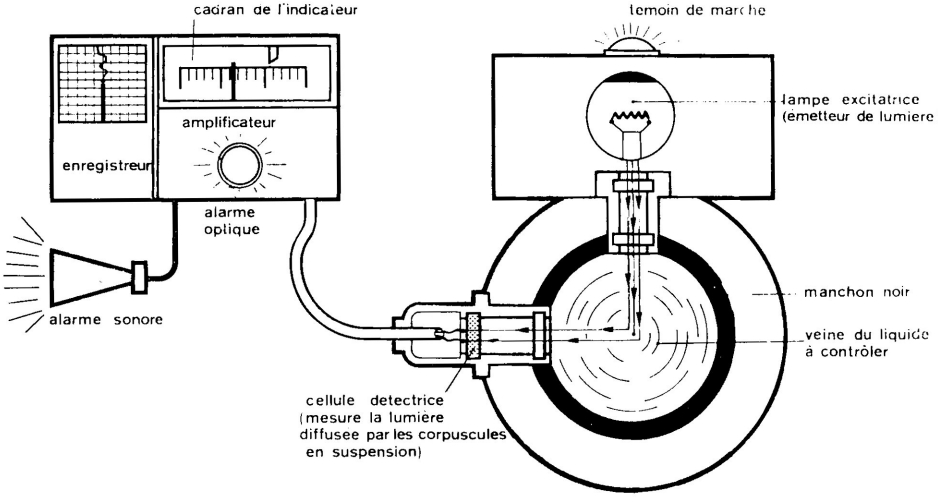


Fig. 24. — Schéma de principe de fonctionnement d'un néphélomètre à détection permanente.

Il est également possible de régler la valeur de l'apport pour que la pression différentielle maximum admise pour un cycle complet soit atteinte avec la consommation minimum de diatomées.

Malgré cet automatisme, le filtreur devra choisir et fixer avant chaque filtration :

— la vitesse de filtration,

— la qualité des diatomées utilisés pour la précouche et pour l'apport,

(Il devra souvent préparer les solutions correspondantes pour la précouche et l'apport continu.)

— Le réglage de la vitesse d'apport (réglage de la pompe à membrane).

Le contrôle minimum, qui peut être facilement réalisé sur n'importe quel type de filtre et dont l'intérêt est certain, est le contrôle néphélométrique continu avec la progression suivante au point de vue complexité :

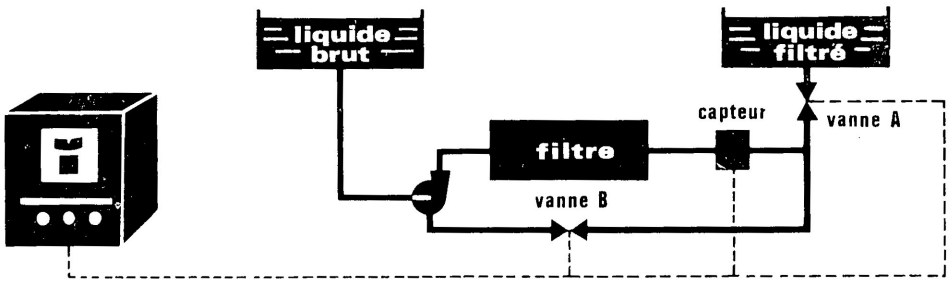


Fig. 25. — Schéma d'installation d'un néphélomètre dans un circuit de filtration.

Il faut disposer, tout d'abord, d'un appareillage à lecture directe comportant un seuil de turbidité relié à un avertisseur sonore lorsque ce seuil est dépassé ;

On peut ensuite ajouter un enregistreur continu des lectures néphélométriques permettant au chef de cave de savoir si le filtreur a bien surveillé la filtration.

Enfin, le néphélomètre continu peut également, au passage du seuil, commander immédiatement l'arrêt de l'envoi du liquide sortant du filtre vers la cuve de liquide filtré et la mise du filtre en position d'attente en laissant le liquide traverser le lit filtrant en circuit fermé par liaison de la sortie du filtre à l'aspiration de la pompe, toujours avec fonctionnement de l'avertisseur sonore.

Il est nécessaire que les deux vannes de ces circuits soient manœuvrées automatiquement et soient donc munies d'actionneurs électro-pneumatiques.

Cet automatisme simplifié rend de grands services à ceux qui l'utilisent, surtout lorsqu'il y a directement mise en bouteilles sans passer par un filtre à cartons.