

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

CHAPITRE II : FILTRATION SOLIDE-LIQUIDE

(Suite : 4^{ème} Cours et Fin du Chapitre)

II.6 ASPECTS TECHNIQUES DES FILTRES SUR SUPPORT :

II.6.1 Mode de fonctionnement

Les filtres sur support peuvent fonctionner selon deux modes :

- Soit **en continu**,
- Ou **en discontinu**.

a) fonctionnement en continu

La production de solide se fait en continu (kg/h)

Ce mode de fonctionnement se déroule en passant par les étapes suivantes :

- 1- Filtration.
- 2- Récupération du gâteau.
- 3- Lavage.
- 4- Séchage du gâteau.[Commentaires]

Les filtres concernés par ce mode de fonctionnement sont :

- Le filtre à **tambour rotatif**
- Le filtre à **bande**

b) fonctionnement en discontinu

Le cycle de filtration se déroulant selon ce mode de fonctionnement comprend les étapes suivantes :

- 1- Filtration.
- 2- Arrêt.
- 3- Débâtissage
- 4- Récupération du gâteau.
- 5- Lavage.
- 6- Séchage.

Le filtre-pressé est l'équipement mis en œuvre suivant ce mode de fonctionnement. La suspension est filtrée à **haute pression (5 à 15 bars)** par utilisation de **cadres creux recouverts d'une toile filtrante**.

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

II.6.2 Description de quelques filtres usuels

1) Filtre à tambour sous pression (voir Schéma ci-dessous)

Les filtres les plus adaptés aux grandes productions sont les filtres rotatifs, ou filtres à tambour et à cellules sous vide. Il existe de nombreuses variétés de ces filtres, qui se différencient non pas par leur principe de fonctionnement, mais par un certain nombre de critères purement technologiques concernant : le tambour du filtre avec ou sans cellules, à toile laquée, à boudins métalliques ou à toile sortante, et surtout la décharge du gâteau essoré par soufflage au moyen d'air comprimé et d'un racloir, par nappe de ficelles ou de chaînes, par rouleau presseur ou par sortie de toile.

Le modèle classique est de type ouvert à tambour rotatif, c'est-à-dire constitués par des cylindres tournant autour d'un axe horizontal, dont le secteur inférieur immergé dans une auge recevant les boues est constamment mis sous vide par un système de distributeurs internes et une pompe à vide externe. Le tambour est un cylindre horizontal composé de cellules indépendantes en forme de secteurs, revêtu d'une toile filtrante tendue sur un support perforé en métal ou en matière plastique, et immergé partiellement dans une auge agitée et alimentée en produit à filtrer. Un tube, soudé dans le fond de chaque cellule, relie celle-ci à la face avant plane d'un distributeur.

L'eau interstitielle du mélange liquide-solide qui traverse les toiles filtrantes recouvrant les cylindres, est collectée, puis éliminée par une pompe d'extraction, tandis que les solides se déposent en un gâteau de filtration, séché au fur et à mesure par la rotation du tambour, puis décollé de la toile, avant une nouvelle immersion de celle-ci dans la boue.

Pendant la rotation lente du tambour, les cellules sont immergées à tour de rôle dans l'auge. Sous l'action du vide, le liquide traverse la toile filtrante, et les sédiments se déposent en gâteau sur la toile. Le tambour continuant son mouvement de rotation, le gâteau émerge et reste maintenu à la surface de la cellule, du fait de la dépression régnant dans ce secteur. Si on le désire, on peut le laver en pulvérisant à sa surface le liquide approprié qui pourra donc être recueilli séparément. La cellule sort ensuite de la zone de lavage et, grâce au vide que l'on maintient, de l'air est aspiré au travers du gâteau et entraîne une grande partie du liquide d'imprégnation. C'est l'essorage.

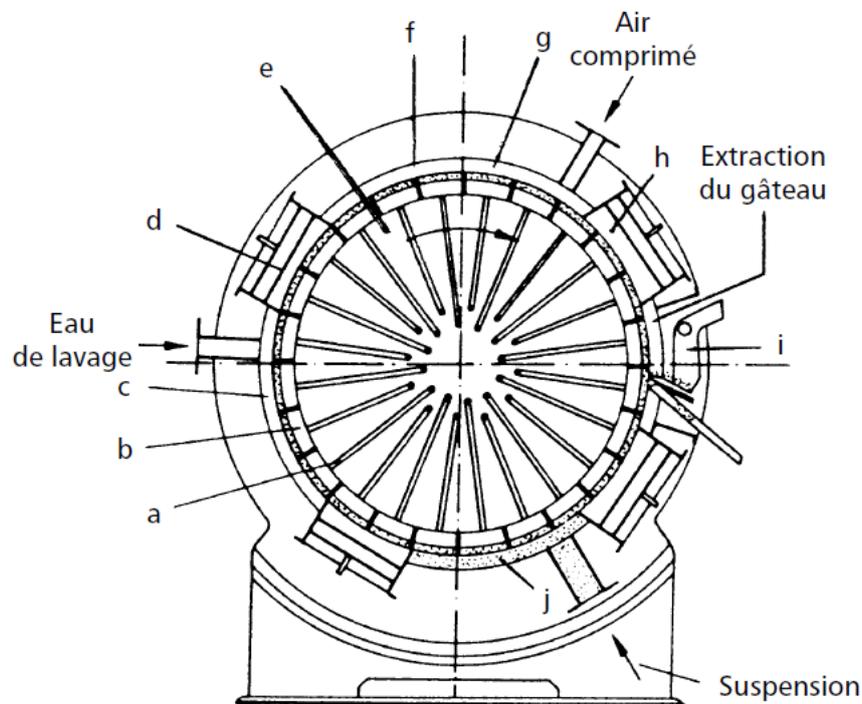
Dans la variante de filtre sans cellules, le tambour est entièrement clos et étanche, avec du vide dans la totalité du volume du tambour. Il est possible de filtrer avec cet appareil des suspensions particulièrement difficiles et d'obtenir un gâteau très mince.

Les filtres industriels à tambour rotatif ont des tambours dont les surfaces s'échelonnent entre 10 et 60 m², pour des diamètres et des longueurs allant respectivement jusqu'à 3,5 et 6 m. La vitesse de rotation du tambour est de l'ordre de 1 tr/min.

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

Les filtres à tambour sous pression travaillant en continu existent en deux variantes :

- la première variante est similaire aux filtres à tambour sous vide avec la différence que tout le dispositif se trouve dans un carter sous pression avec sas étanche pour l'extraction en continu du gâteau;
- la deuxième variante comporte un tambour rotatif, divisé en plusieurs cellules (secteurs) étanches, et enfermé dans une enceinte qui se trouve sous pression dans la zone de travail. L'extraction du sédiment se fait par soufflage d'air comprimé et racloir.



- a) tuyauteries de liaison robinet-cellule;
- b) cellule filtrante (cellules sous vide) ;
- c) secteur de lavage;
- d) séparateurs;
- e) tambour;
- f) enceinte sous pression;
- g) secteur d'essorage;
- h) élément séparateur;
- i) racloir;
- j) secteur de filtration.

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

2) Filtre à bande

Fonctionnant essentiellement en continu, les filtres à bande sont constitués par une ou deux bandes sans fin en caoutchouc perforé supportant une bande de toile filtrante, tendue entre deux tambours (voir **Schéma ci-dessous**). Un dispositif à vitesse réglé entraîne le tambour de tête, tandis que le tambour de queue est réglable pour assurer la tension des bandes. Un deuxième système de rouleaux indépendants tend la toile filtrante, qui ne se calque sur la bande que dans la zone de filtration.

De par leur principe, ces filtres provoquent une déshydratation progressive, qui s'effectue en trois temps sur des boues bien floculées :

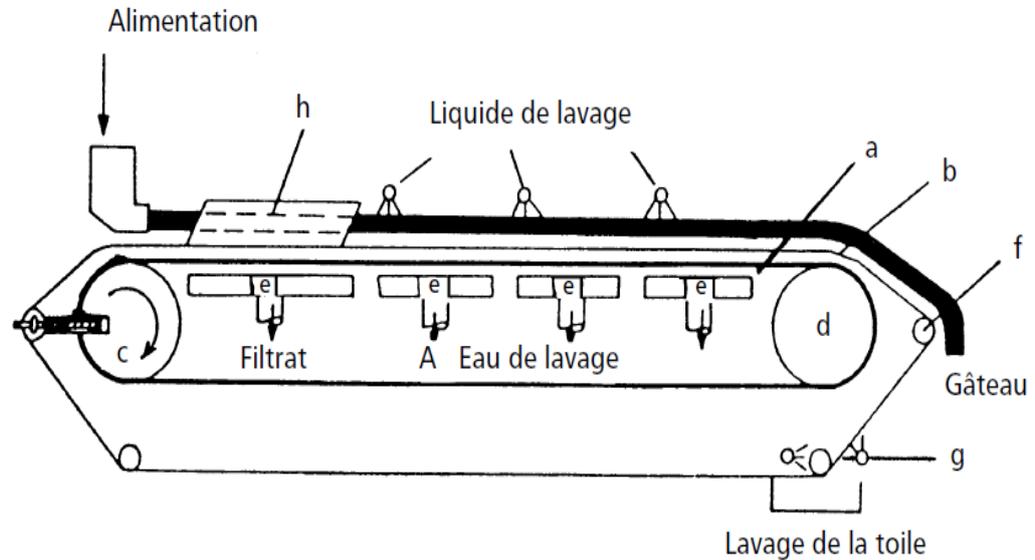
- dans un premier temps, il s'agit d'un simple égouttage de l'eau interstitielle libérée par la floculation, sorte de drainage, selon le principe de la filtration sous très faible pression;
- dans un deuxième temps, c'est le pressage, qui rend le gâteau filtrant compact, selon le principe même de la filtration sous pression;
- dans un troisième temps, enfin, c'est le cisaillement de la masse, pour en extraire le maximum d'eau libre et liée, et pour lequel sont combinées les techniques de pression et de cisaillement.

Ces deux mécanismes distincts expliquent les meilleurs résultats obtenus par les filtres utilisant deux toiles : la première à grosses mailles favorisant l'égouttage, la seconde à mailles fines pour le pressage.

Réalisé sur un appareillage horizontal, vertical, ou combiné (horizontal et vertical), il comprend une bande unique (pour les appareils horizontaux) ou double (appareils verticaux et combinés), la pression étant exercée par une bande auxiliaire presseuse et non filtrante (dans le cas de la bande filtrante unique).

La bande presseuse emprisonne la boue, déjà suffisamment consistante, sur la première partie de la bande filtrante, et l'essorage se poursuit avec l'application de pressions progressivement plus fortes, à l'aide de rouleaux agissant sur la bande presseuse.

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**



Filtre sous vide à bande sans fin :

- a) bande transporteuse;
- b) bande filtrante;
- c) tambour de tête;
- d) tambour de queue;
- e) boîte à vide;
- f) cylindre de retour;
- g) dispositif de lavage de la toile;
- h) régulateur de niveau.

1) Filtre-presse à cadres

Les filtres à plateaux et cadres (figure 9.3) sont constitués par une succession alternée de cadres et de plateaux supportés par des rails et maintenus les uns aux autres par pression. Les plateaux sont des plaques métalliques pleines dont les faces présentent des cannelures verticales afin de drainer le liquide filtré et recouvertes de toile filtrante. Les cadres ont pour but de maintenir un certain écartement entre les plateaux successifs et de donner naissance à un volume dans lequel on introduit le liquide à filtrer.

Les plateaux, cadres et la toile filtrante présentent deux orifices diagonalement opposés, qui après serrage vont former deux collecteurs. Par un des collecteurs arrive la suspension à filtrer, tandis que le deuxième sert à l'évacuation du filtrat. Le filtrat traverse la toile déposée sur les cadres, s'écoule par les rainures des plateaux et rejoint le collecteur d'évacuation.

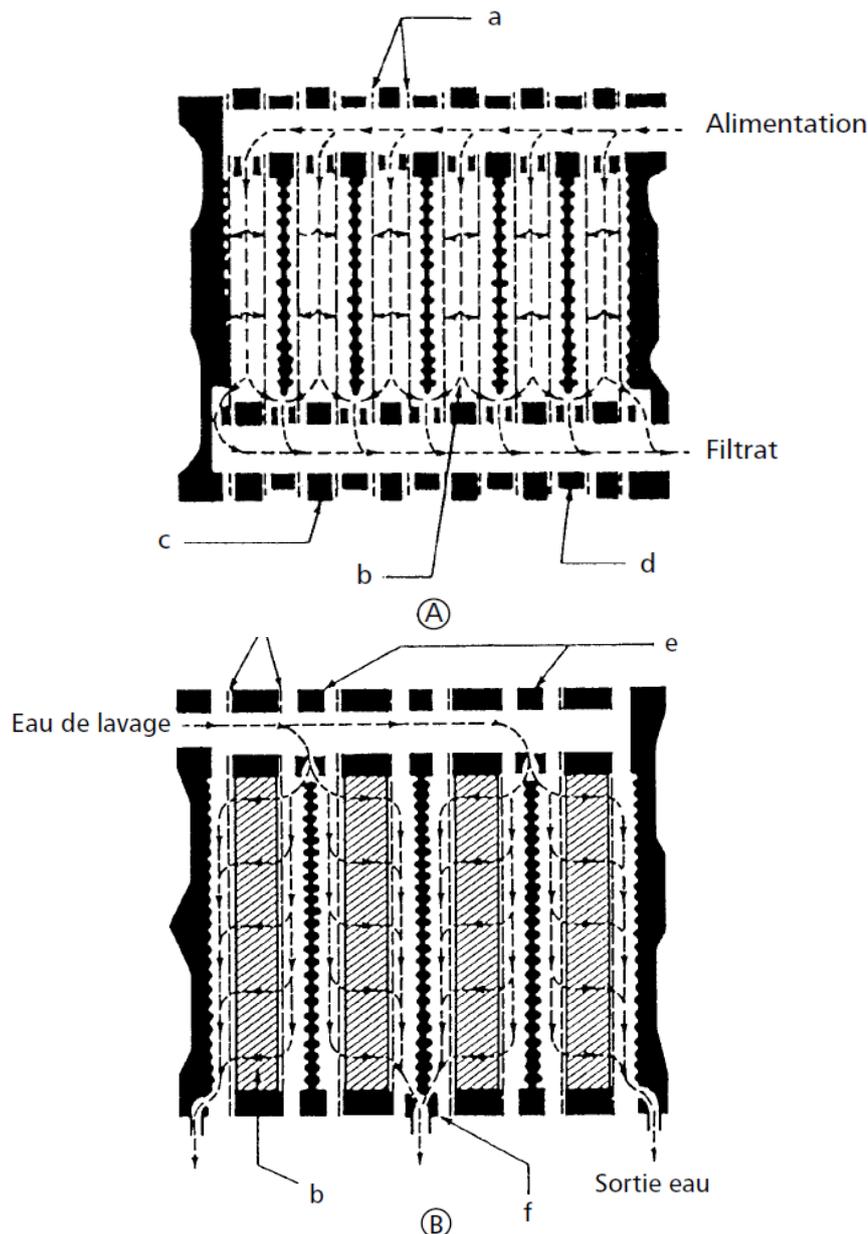
- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

Les particules solides, retenues par la toile, s'accumulent dans l'espace compris entre deux plateaux et forment ce que l'on appelle un gâteau.

Lorsque les espaces sont remplis de solide, les gâteaux sont recueillis en faisant cesser la pression exercée sur les cadres et les plateaux. La pression de service peut aller habituellement de 5 à 15 bars, mais peut atteindre des valeurs de 30 bars. L'épaisseur des cadres varie de 20 à 50 mm; des valeurs de 70 mm sont utilisées pour les gâteaux à grande filtrabilité.

Il existe une très grande diversité de surfaces de filtration, de quelques décimètres carrés pour les filtres de laboratoire, jusqu'à 400 m² (les plateaux mesurent alors 1 500 mm × 1 500 mm).

(A) en service; (B) ouvert pour lavage; a) toile filtrante; b) gâteau; c) cadre; d) plateau; e) cadre avec ouverture pour entrée eau; f) cadre avec ouverture pour sortie eau.



- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES CONCERNANT LES FILTRES A PRESSE

- **Généralités**

Les filtres-presses existent en trois types :

- à plateaux et cadres ;
- à plateaux chambrés ;
- à plaques

Ces filtres sont constitués d'un ensemble d'éléments verticaux formant un bloc maintenu à chaque extrémité par deux plateaux (sommiers), dont l'un est fixe et l'autre mobile, et reposant latéralement sur des barres (ou tirants) ou suspendus à une poutre supérieure formant un monorail.

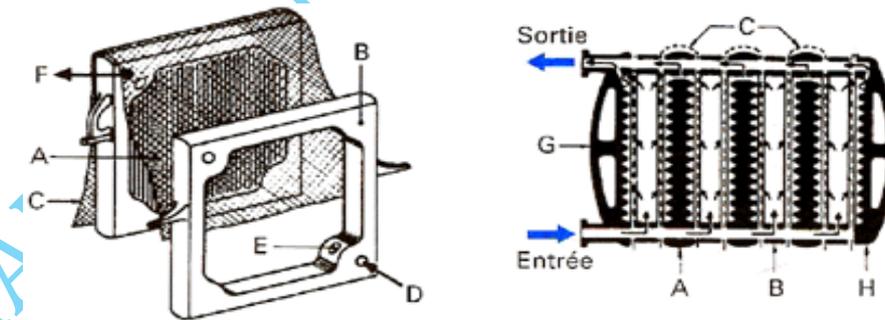
Avant la mise en filtration, le plateau extrême mobile est amené en butée contre le bloc des plateaux au moyen d'un vérin hydraulique, de manière à presser fortement l'ensemble et assurer une parfaite étanchéité extérieure.

En fin de filtration, ce plateau est ramené en arrière afin de dégager les cadres et permettre le débâtissage ou le changement des médiums filtrants.

Les cadres et plateaux sont construits en fonte, en acier inoxydable, en alpac, en bois (niangon) ou en polypropylène ; et les bâtis en fonte ou en acier mécano-soudé avec éventuellement une protection en vernis, en résines époxydes, etc.

- **Filtres-presses à plateaux et cadres**

L'ensemble des éléments est constitué alternativement d'un plateau et d'un cadre.



(a) détail : plateau et cadre

(b) coupe schématique

- | | | | |
|---|---------------------|---|-----------------------------------|
| A | plateau rainuré | E | lumière d'admission dans le cadre |
| B | cadre | F | sortie de filtrat |
| C | toile filtrante | G | demi-plateau fixe |
| D | entrée du préfiltre | H | demi-plateau mobile |

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

Les plateaux sont pleins, mais présentent des cannelures verticales pour le drainage du liquide filtré. Les cadres sont creux et reçoivent les sédiments.

Entre un plateau et le cadre contigu se trouve le médium filtrant : tissu ou papier.

Les plateaux, cadres et médium filtrant comportent deux orifices diagonalement opposés. L'ensemble de ces orifices, alignés lors du serrage du bloc, forme deux collecteurs. Un des collecteurs sert pour l'alimentation du liquide à filtrer. Le liquide chargé pénètre dans chaque cadre par des lumières perpendiculaires à l'orifice et, sous l'effet de la pression, traverse le médium filtrant.

Le filtrat est ensuite drainé dans les cannelures du plateau vers une lumière débouchant dans l'orifice opposé au précédent, c'est-à-dire dans le deuxième collecteur qui sert d'évacuation du filtrat.

Les conduits d'évacuation mettent tous les plateaux en contact, mais il est possible de prévoir des éléments isolés et de disposer un robinet à chaque plateau. Les robinets coulent dans une noyère et permettent de contrôler le filtrat et d'isoler un plateau en cas de rupture de toile.

Ces appareils sont utilisés pour des liquides très chargés avec formation de gâteaux compacts devant être lavés et séchés. On doit veiller à choisir l'espacement des cadres de façon à ce qu'ils soient parfaitement remplis de sédiments si l'on veut obtenir un lavage et un essorage efficaces.

Ils existent dans une gamme très complète allant du filtre de laboratoire de quelques décimètres carrés jusqu'aux appareils industriels de 400 m² de surface filtrante comportant des plateaux de 1,500 × 1,500 m.

Les largeurs de cadres varient en dimension standard, de 20 à 50 mm et jusqu'à 70 mm pour des gâteaux à grande filtrabilité.

Les pressions de service couramment utilisées sont de 0,5 à 1,5 MPa (5 à 15 bar), mais peuvent atteindre 3 MPa (30 bar) pour des produits particulièrement difficiles à filtrer.

- **Description du filtre à presse**

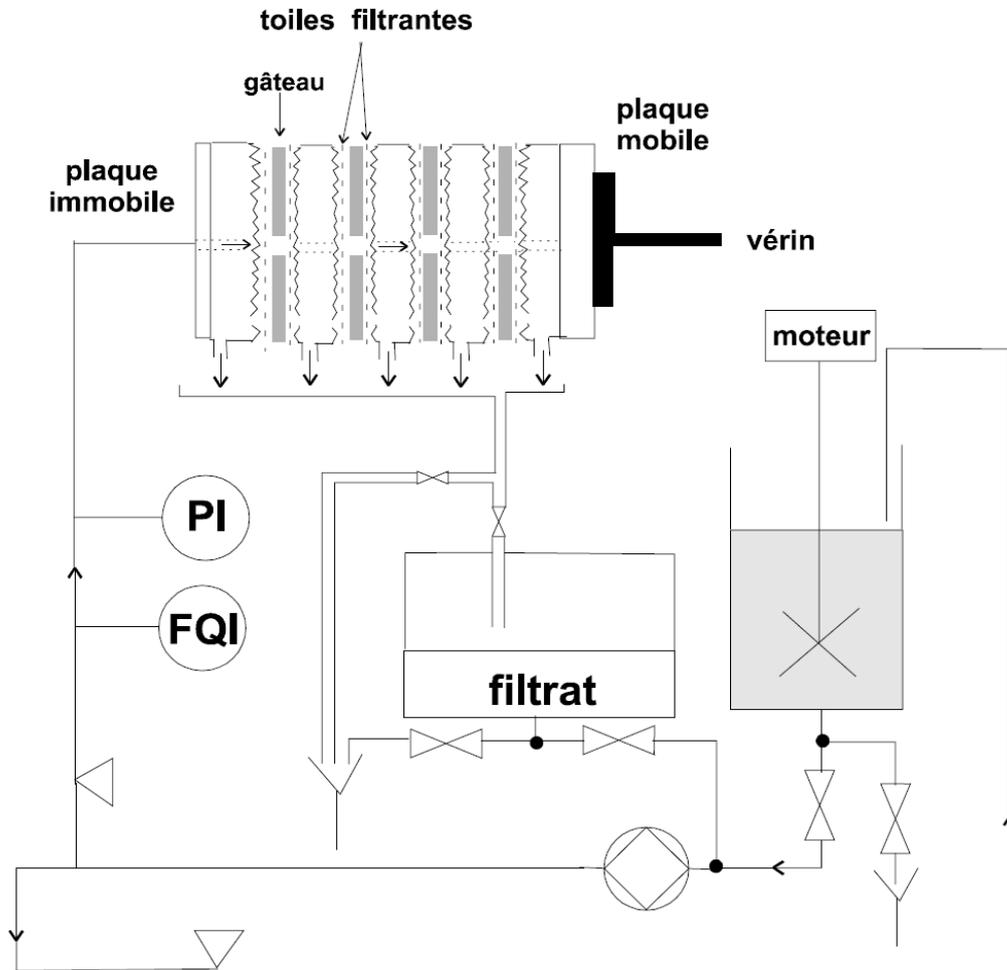
Les éléments du filtre sont des plaques carrées en matière plastique portant des cannelures sur chacune de leurs deux faces. Ces faces supportent des toiles filtrantes en matière plastique. Les plaques montrent une ouverture au centre pour le passage de la suspension.

L'ensemble formé par les plaques est serré entre deux plaques en acier (une fixe, l'autre mobile) à l'aide d'un vérin hydraulique pour comprimer l'ensemble et réaliser une bonne étanchéité. Les deux plaques de filtration des extrémités ne comportent pas de surface filtrante du côté des plaques en acier.

Une pompe volumétrique est utilisée pour alimenter le filtre à partir d'un bac contenant la suspension. Un agitateur permet l'homogénéisation de la suspension dans le bac. La

- **COURS : OPERATIONS UNITAIRES FLUIDE-SOLIDE**
- **UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2**
- **M1-Génie Pharmaceutique / Département de Génie Chimique-Fac.Chimie**
- **Enseignant responsable du module : M. HADJ YUCEF**

suspension pénètre dans le filtre par le centre des plaques. Le gâteau se dépose entre les toiles pendant la filtration et on recueille le filtrat par les orifices des plaques.



CHAPITRE