CHAPITRE II :

Centrifugation



Chapitre II : Centrifugation

II.1 Introduction :

La centrifugation est un processus de séparation utilisé pour séparer les composants d'un mélange en utilisant une force centrifuge. Elle est couramment employée dans divers secteurs industriels, notamment l'industrie chimique, l'agroalimentaire, la biologie et le traitement des déchets. Les centrifugeuses sont les appareils principalement utilisés pour réaliser la centrifugation.

La centrifugation peut être appliquée à différents types de mélanges :

Séparation de deux phases liquides : Lorsque vous avez un mélange de deux liquides immiscibles, la centrifugation peut être utilisée pour séparer ces deux phases. Les composants plus denses se déposent au fond du contenant sous l'effet de la force centrifuge, tandis que les composants moins denses restent au-dessus.

Séparation d'une phase solide en suspension dans une phase liquide : Si vous avez une suspension de particules solides dans un liquide, la centrifugation peut être employée pour séparer les particules solides du liquide. Les particules solides sont précipitées au fond du contenant pendant la centrifugation.

Séparation de deux phases liquides contenant une troisième phase solide : Dans ce cas, il y a deux phases liquides immiscibles, mais il y a également une troisième phase solide en suspension dans l'une de ces phases. La centrifugation permet de séparer la phase solide des deux phases liquides.

La force centrifuge est générée par la rotation de la centrifugeuse. Elle pousse les composants plus lourds vers l'extérieur, créant ainsi une séparation entre les différentes phases du mélange. Une fois la centrifugation terminée, les phases séparées peuvent être récupérées individuellement.

La centrifugation est un outil essentiel dans de nombreuses applications industrielles et de laboratoire, car elle permet de réaliser des séparations efficaces en fonction des densités des composants impliqués.

Les procédés de séparation solide-liquide impliquent la séparation des deux phases, soit la phase solide et la phase liquide. Ils ont donc pour but la récupération, soit de la phase solide, soit de la phase liquide, soit des deux phases séparément.

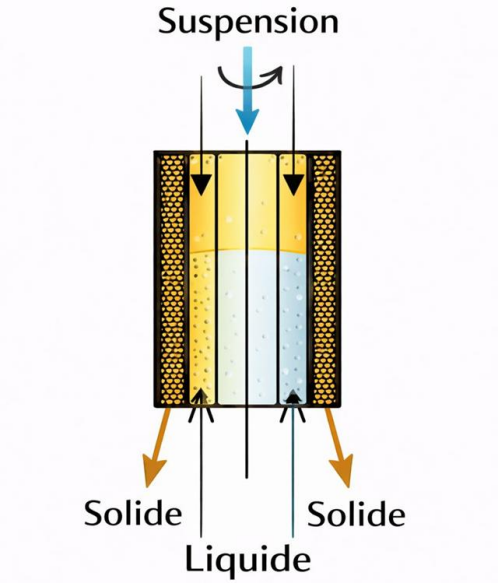


Figure II.1 : Opérations de séparation solide-liquide.

On parle de centrifugation, décantation centrifuge ou sédimentation centrifuge lorsque l'on utilise la force centrifuge pour séparer des phases de densité différentes. Les appareils utilisés sont appelés centrifugeuses, décanteurs, séparateurs, clarificateurs, etc...

Ils permettent de séparer différents phases (liquide, solide, gaz) les unes des autres : deux phases liquide (extraction centrifuge), une phase liquide et une phase solide, ou deux phases liquides et une phase solide.

La décantation centrifuge est un processus de séparation qui repose sur les différences de densité des constituants d'un mélange lorsqu'ils sont soumis à un champ centrifuge (figure II.1). Elle est couramment utilisée pour séparer les mélanges de type solide-liquide ou liquide-liquide.

La décantation centrifuge est largement utilisée dans de nombreuses industries, y compris l'industrie chimique, l'industrie pétrolière, l'industrie alimentaire et d'autres domaines. Elle est particulièrement efficace pour la séparation des particules solides des liquides, la clarification des liquides et la récupération des solides à partir de suspensions. La centrifugeuse est l'équipement clé utilisé pour effectuer la décantation centrifuge, et il existe différents types de centrifugeuses adaptées à diverses.

II.2 Principe de la technique :

Tout corps plongé dans un liquide subit l'action de deux forces : son poids (force de gravité = la pesanteur descendante), dirigé vers le bas, et la poussée d'Archimède dirigée vers le haut. Selon sa densité, supérieure ou inférieure à celle du milieu, la force résultante sera dirigé vers le bas ou vers le haut, le corps descendra ou remontera dans le liquide.

II.2.1 Décantation sous l'effet de la pesanteur descendante (dans le cas normal sans rotation) :

Dans le cas normal ou on n'a pas de centrifugation, les forces qui agissent sur les particules sont de deux types :

- La poussée d'Archimède ascendante (Fa)
- La force de la pesanteur descendante (Fp) (figure II.2).

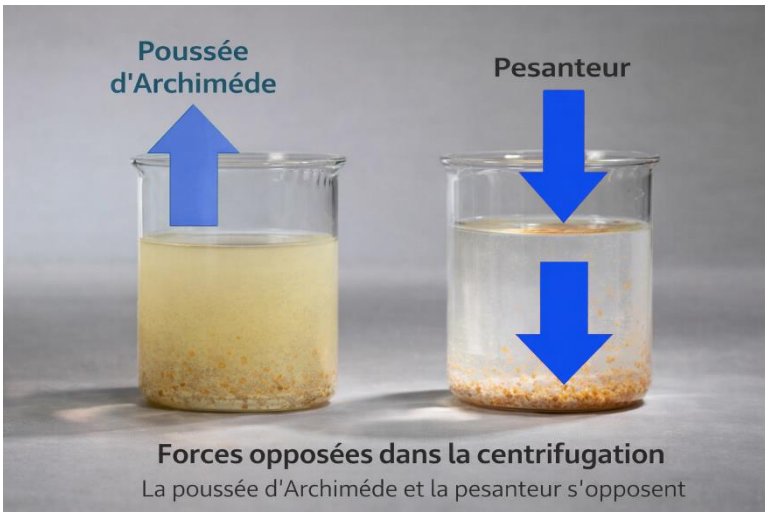


Figure II.2 : Force s'exerçant sur une particule en suspension dans un liquide.

II.2.2 Décantation accélérée (centrifugation) :

La centrifugation permet de séparer des constituants de taille et de masse très variables contenus dans un liquide, depuis des molécules jusqu'à des cellules entières. Tous les constituants contenus dans un échantillon sont soumis à la gravité, et à la poussée d'Archimède. En faisant tourner l'échantillon, on fait apparaître une nouvelle force, la force centrifuge qui est une accélération qui s'exerce radialement vers l'extérieur de l'axe de rotation et qui va pousser les particules vers l'extérieur du rotor, c'est-à-dire le fond du tube à centrifuger.

La force centrifuge est générée en faisant tourner à haute vitesse un rotor pouvant contenir des tubes à centrifuger.

La séparation des composés d'un mélange est réalisable par décantation, sous l'action de la seule gravitation, mais elle nécessite parfois une longue durée pour acquérir de bons résultats et est souvent inefficace. Il est donc plus efficace d'utiliser la centrifugation. Au cours de cette opération de séparation, les composés dans le fluide situé à une distance r de l'axe de rotation sont soumis à différentes forces :

- La force de pesanteur descendante Fp.
- La poussée d'Archimède ascendante Fa.
- Une force de friction Fv.
- La force centripète F'c.
- La force centrifuge Fc.

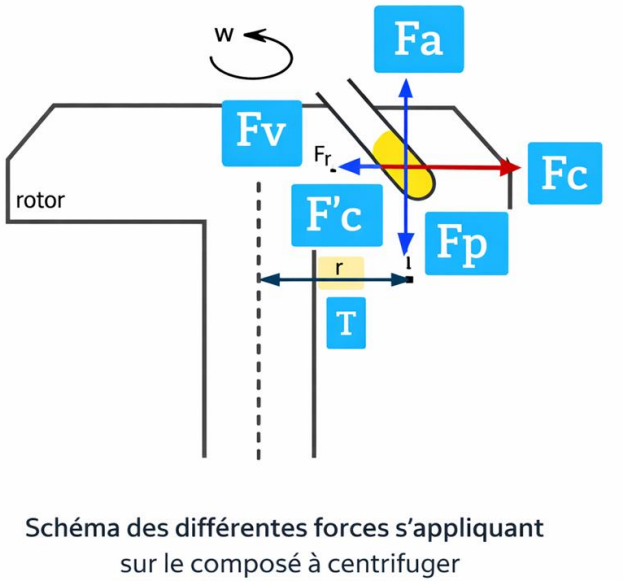


Figure II.3 : Force s'exerçant sur une particule en suspension dans un liquide soumis à centrifugation.

II.2.3 Accélération centrifuge :

Considérons une particule de masse "m" tourne autour d'un axe passant par O (figure II.4) à la distance x de celui-ci. Cette particule est soumise à une force centrifuge qui tend à l'éloigner de l'axe de rotation. On montre que cette force est proportionnelle au carré de la vitesse angulaire de rotation ω et sa distance de l'axe de rotation, x. Cette force centrifuge, exprimée en newtons, est donnée par la relation :

$$F_C = m\,\omega^2\,x \quad (m/s^2)$$

Avec :

- La masse m de composé à séparer.
- La distance x du tube à l'axe de rotation de la centrifugation.
- La vitesse angulaire ω exprimée en radians/seconde ou en tour/minute.

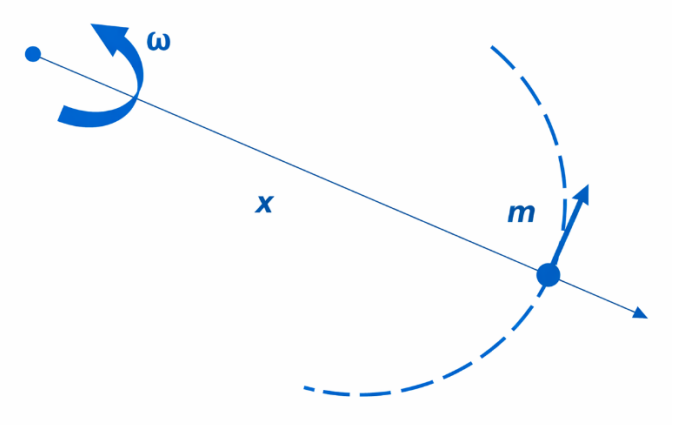


Figure II.4 : La force centrifuge.

II.3 Forme de la surface libre du liquide :

Dans la mécanique des fluides, la surface libre d'un liquide au repos est plane et horizontale. La surface de séparation de deux liquides non miscibles au repos est plane et horizontale. Si le fluide n'est pas au repos, cette surface peut donc ne pas être plane ou horizontale.

Lorsqu'un liquide est en rotation tournant autour d'un axe vertical (y) à vitesse angulaire (ω), tous les volumes élémentaires situés en point M à l'intérieur du liquide sont en équilibre sous l'action de la force de la pesanteur (P = m g) est de la force centrifuge ($F_C = m\,\omega^2 r$). La surface de révolution est normale à la résultante des deux forces.

La tangente au point M est donnée par l'équation : $tg\,\alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{F_C}{P} = \frac{\omega^2}{g} = K$

K rapport sans dimension est appelé accélération centrifuge, effet centrifuge ou effet g, par conséquent : $y = y_0 + \frac{1\,\omega^2}{2\,g}\,x^2$

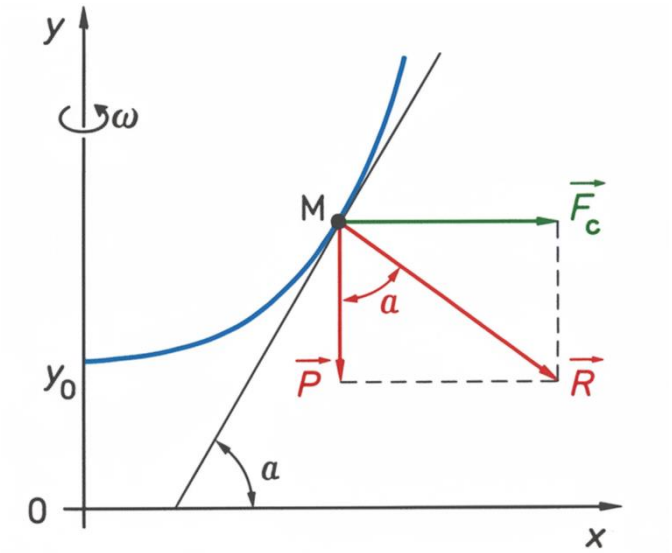


Figure II.5 : Forme de la surface du liquide en rotation.

La surface de révolution de liquide est de forme parabolique et fonction de la vitesse de rotation du réacteur.

II.4 Effet centrifuge :

Un corps de masse "m", ayant un mouvement de rotation autour d'un axe situé à une distance r, subit une force Fc qui tend à l'éloigner de cet axe. Cette force est proportionnelle à :

- La masse du corps m,
- La distance de l'axe de rotation (rayon du cercle décrit par le mouvement) r (en mètre),
- Le carré de la vitesse de rotation.
- ω vitesse de rotation (en tours par minute).

La force de centrifugation (Fc) est donnée par la relation suivante :

$$Fc = 0.011\ m\ r\ \omega^2$$

Cette force produit une accélération γ (m/s^2) du corps sur lequel elle s'applique : $\gamma = Fc/m$

II.5 Principe de l'opération de centrifugation :

La centrifugation est une autre technique utilisée pour la séparation d'échantillons hétérogènes. Deux types de forces agissent sur les particules d'un échantillon hétérogène : le champ gravitationnel et la force de centrifugation, appliquée par une rotation à grande vitesse. La force gravitationnelle est homogène sur l'ensemble de l'échantillon et, en général, beaucoup plus faible que la force de centrifugation. Pour ces raisons, la force gravitationnelle est généralement négligée dans les processus de centrifugation.

La force centrifuge Fc dépend du rayon r d'un point de l'échantillon en rotation (distance par rapport à l'axe de rotation) et de la vitesse angulaire ω (exprimée en radians par unité de temps) selon l'expression :

$$F_C = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_P}\right) m\, \omega^2\, r$$

Où :
- m est la masse de la particule,
- ρ est la densité du liquide
- ρ_P est la densité de la particule.

La masse de la particule en rotation est affectée par la flottabilité et la masse effective affectée par la centrifugation est :

$$F_{flot} = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_P}\right) m$$

L'accélération centrifuge a_c est donnée par l'expression :

$$a_C = \omega^2\, r = (2\,\pi\, N)^2\, r$$

w : Vitesse angulaire (rad/s).
r : Distance à l'axe de rotation.
n : Nombre de rotations par minute (rpm).

L'utilisation d'une force centrifuge augmente le taux de séparation des particules dans une solution, ce qui, dans un champ gravitationnel, ne peut généralement se produire qu'à un faible taux.

Les principales opérations basées sur la centrifugation dans la préparation des échantillons sont la sédimentation, la formation d'un ménisque de matériaux plus légers que le solvant, la séparation de systèmes liquides hétérogènes et l'utilisation de la centrifugation en liaison avec la filtration.

La sédimentation des particules plus lourdes que le liquide a été étudiée en détail pour de petites particules sphériques se déplaçant dans un mouvement laminaire sous l'influence de la gravité.

La force Fc exercée sur ces particules à la vitesse d'équilibre est donnée par l'expression :

$$F_C = \frac{\pi}{6}\, d^3\, g_C\, (\rho_P - \rho)$$

Avec d est le diamètre de la particule.

L'accélération induite s'exprime en gc. Elle est fonction de la vitesse angulaire (ω) et de la distance à l'axe de rotation (r) exprimée en cm selon la formule :

$$g_C = \omega^2\, r$$

L'accélération gc peut s'exprimer en fonction du nombre de tours par minute N selon la formule :

$$g_C = 1.119\ 10^5\, r\, N^2$$

La résistance au mouvement de la particule due à la viscosité du fluide est donnée par l'expression :

$$R = 3\,\pi\, d\, \mu\, \eta$$

Où : η est la viscosité du fluide et u la vitesse des particules.

La condition R = Fc conduit à la loi de Stokes qui donne la vitesse de décantation finale :

$$\mu_S = d^2\, g_C\, (\rho_P - \rho) 18\, \eta$$

Pour la sédimentation pendant la centrifugation, gc est remplacé par ac et devient :

$$\mu_S = 2\,\pi^2\, d^2\, (\rho_P - \rho)\, n^2\, r\, 9\, \eta$$

La relation précédente montre que des particules de diamètres différents ont des vitesses de sédimentation différentes. Cette vitesse dépend de la vitesse angulaire (ou du nombre de rotations par minute), de la viscosité du solvant, de la densité des particules solides, mais aussi de la distance à l'axe de rotation r de la particule dans le tube de la centrifugeuse.

La vitesse de sédimentation des particules solides d'une taille de quelques µm est atteinte en quelques microsecondes, tandis que les particules plus grosses (d'une taille d'environ 100 µm) peuvent atteindre la même vitesse de sédimentation en quelques millisecondes. On suppose que 0.1 seconde suffit pour que toutes les particules dispersées atteignent la vitesse de sédimentation. Le processus de sédimentation par centrifugation est donc beaucoup plus rapide que celui dû à la gravité.

II.6 Types de centrifugation :

Il existe deux types de centrifugation :

II.6.1 La décantation centrifuge :

Technique utilisée pour séparer les mélanges solides liquide, appelé également la clarification.

La séparation des phases par la décantation centrifuge est similaire à celle de la décantation statique, elle est régie par la différence des densités sous l'action du champ centrifuge.

L'opération de décantation est régie par le nature du régime d'écoulement de la suspension par rapport aux parois de la centrifugeuse et aux particules du liquide.

II.6.1.1 Régime laminaire Re < 2 :

Une centrifugeuse en rotation est alimentée en continu par un liquide.

Considérant une particule P (figure II.6). A un instant donné, celle-ci est en équilibre dynamique entre la force de pesanteur et à la force de la résistance à l'écoulement.

Considérant P particules de forme sphérique de diamètre d,

- La résistance à l'écoulement de P s'écrit :

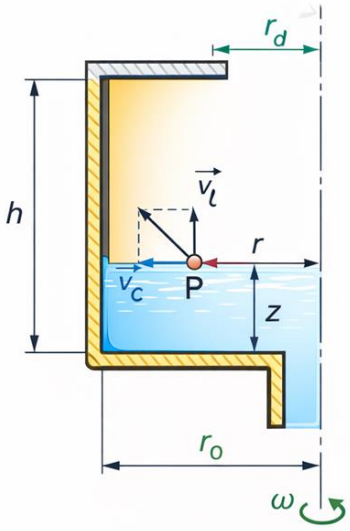
$$R = 3\,\pi\,\eta\,d\,V_C$$

$$V_C = d^2\, 18\, \eta\, \Delta\rho\, \omega^2\, r$$

- La force centrifuge Fc s'écrit :

$$F_C = (m_P - m_l)\omega^2\, r = \frac{\pi}{6}\, d^3\, \Delta\rho\, \omega^2\, r$$

Avec : m_P et m_l : masse de la particule solide et le liquide respectivement.
$\Delta\rho$: masse volumique apparente des particules dans le liquide (ρ_P - ρ_l).
ρ_P : masse volumique des particules solides.
A l'équilibre : R = Fc



P	position de la particule
h	(m) hauteur intérieure du bol
r	(m) distance de la particule à l'axe de rotation
r_o	(m) rayon intérieur du bol
r_d	(m) rayon du seuil de débordement
$\vec{v_c}$	(m/s) vitesse de décantation centrifuge
$\vec{v_l}$	(m/s) vitesse d'écoulement du liquide
z	(m) distance de la particule au fond du bol
ω	(rad/s) vitesse de rotation

Figure II. 6 : Séparation solide-liquide.

II.6.1.2 Régime turbulent 500 < Re < 2.10^5

Dans ce cas, l'écoulement de la suspension est toujours laminaire mais la chute des particules est de type turbulent, l'expression donnant la résistance à l'écoulement visqueux devient :

$$R = 0.45 \frac{\pi}{4} \rho_l d^2 \frac{V_C^2}{2}$$

A l'équilibre : R = F_C

$$V_C = \sqrt{\frac{\omega^2 r}{g}} V_S'$$

Avec :

$$V_S' = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{d_g}{0.45} \frac{\Delta\rho}{\rho_l}}$$

ρ_l : masse volumique de la phase liquide.

On pose $\sqrt{\frac{\omega^2 r}{g}} = k$ appelé coefficient d'augmentation du champ centrifuge.

II.6.1.3 Régime intermédiaire 2 < Re < 500 :

Pareillement que dans le cas précédent, l'écoulement de la suspension reste laminaire mais la chute des particules est de type intermédiaire, la vitesse de sédimentation des particules de diamètre d s'écrit :

$$V_C = \left(\frac{\omega^2 r}{g}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Avec : $V_S'' = K^{\frac{2}{3}} V_S'$ et $V_S' = 0.262 \frac{(\Delta\rho\, g)^{\frac{2}{3}}}{(\eta\, \rho_l)^{\frac{1}{3}}} d$

II.6.1.4 Séparation liquide-liquide :

La séparation liquide-liquide peut se faire en utilisant des centrifugeuses dites séparatrices (figure II.7) basées sur la différence des densités des deux liquides. Le mélange se présente sous forme de dispersion qui est constituée de deux phases : une phase dite dispersée et l'autre phase continue. La dispersion est caractérisée par l'importante relative des deux phases ainsi que la dimension des gouttes du fait qu'il ait interaction entre les gouttes au cours de leur décantation.

Dans une centrifugeuse à bol cylindrique ou tubulaire, le bol comporte deux extrémités ; l'une est utilisée pour introduire le mélange à séparer et l'autre caractérisée par deux déversoirs permettant de récupérer les deux phases séparément.

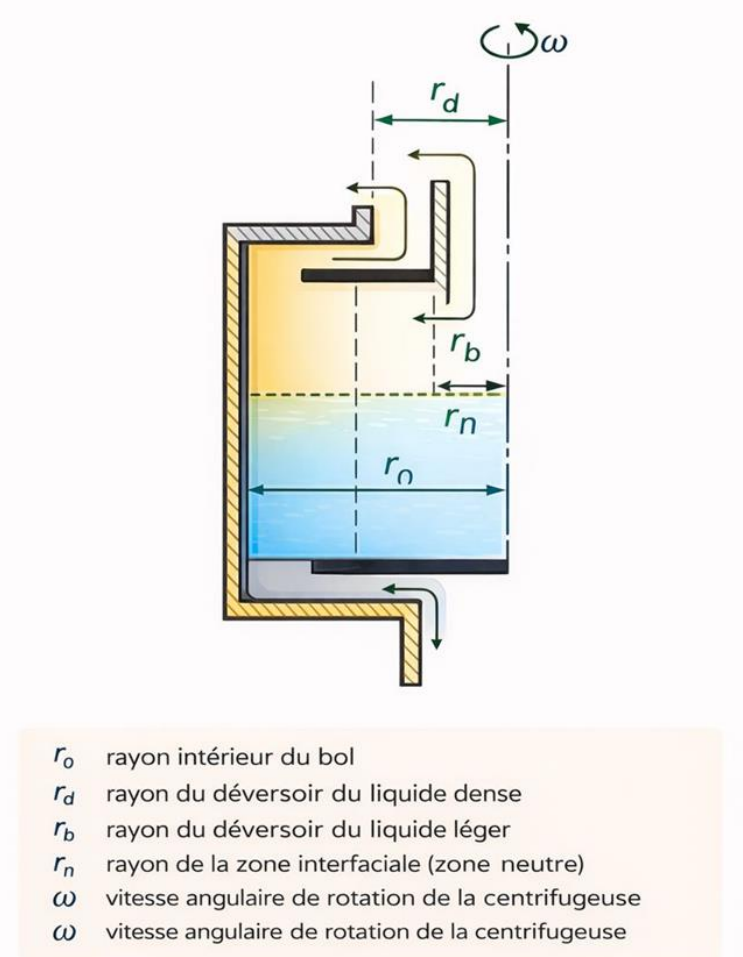


Figure II.7 : Séparation liquide-liquide.

La séparation se fait en deux étapes :

- Séparation des gouttes de la phase dispersée de la même manière que les particules solides en suspension dans un liquide et se concentre à l'interface des deux liquides. La loi de Stokes s'applique pour une goutte isolée mais une correction sur la vitesse de décantation s'impose car il faut tenir compte de l'interaction avec les autres gouttes adjacentes. La séparation se fait généralement en régime laminaire.
- Coalescence des gouttes dans la zone interfaciale.

II.6.2 Equipement de la décantation centrifuge :

II.6.2.1 Centrifugation à vitesse modérée :

On parle de centrifugeuses à vitesse modérée lorsque l'effet centrifuge K est inférieur à 3000.

A. Centrifugeuse tubulaire (simple à bol) :

Ce type de centrifugeuse permet la séparation de liquides immiscibles. Elle est également utilisée pour les boues urbaines, ou encore dans les distilleries. Pour un bon fonctionnement, le rapport longueur/rayon doit être compris entre 8 et 16. La suspension doit être très peu concentrée ($\phi < 1\%$). Les débits sont généralement compris entre 0.1 et 5 m^3/h et la vitesse est de l'ordre de quelques milliers de tours par minute. Elle peut fonctionner en discontinu (figure II. 8-(a)) ou en continu (figure II. 8-(b)).

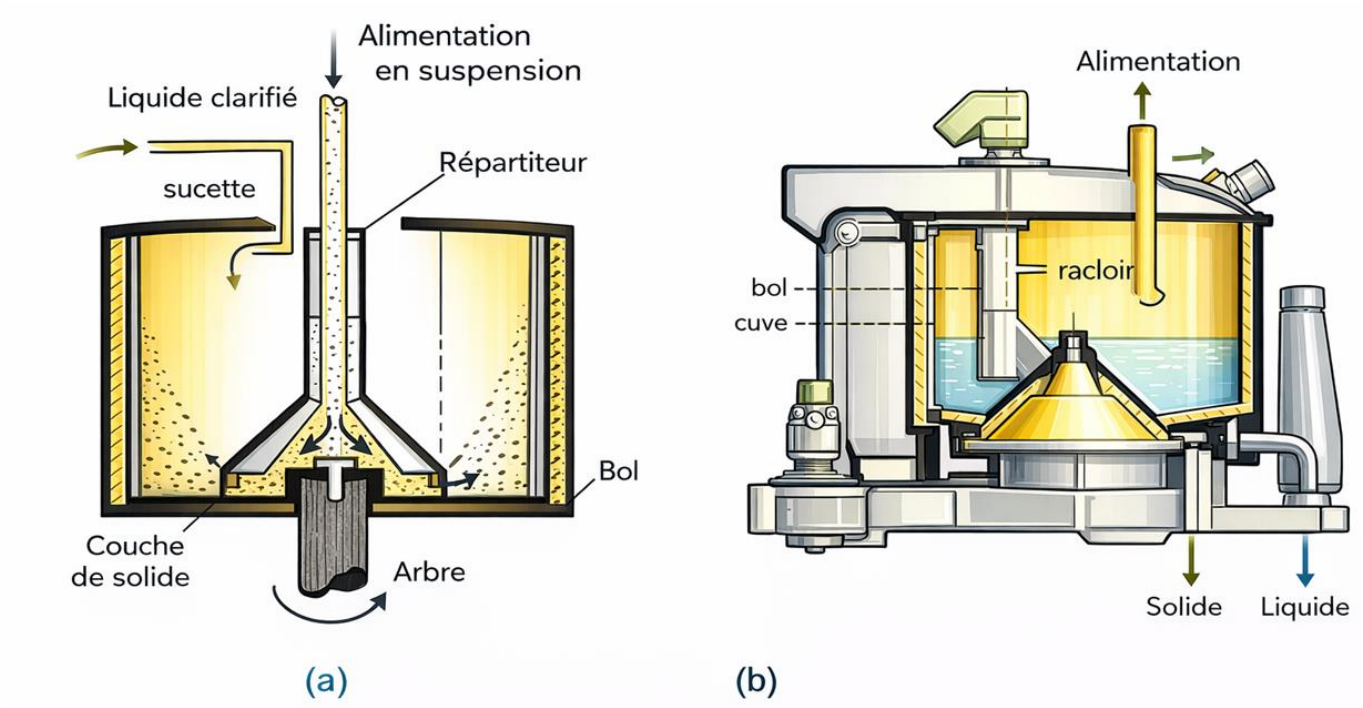


Figure II.8 : Centrifugeuse tubulaire.

B. Centrifugeuse à raclette :

Les centrifugeuses à raclette (figure II.9) sont utilisées pour la concentration en protéines, la clarification des jus de presse de boisson. Le rapport longueur/rayon doit être compris entre 3 et 7. Le bol tourne à quelques milliers de tours par minute et la vis plus lentement (entre 5 et 100 rpm). La suspension peut être relativement concentrée (ϕ = 2 à 50%).

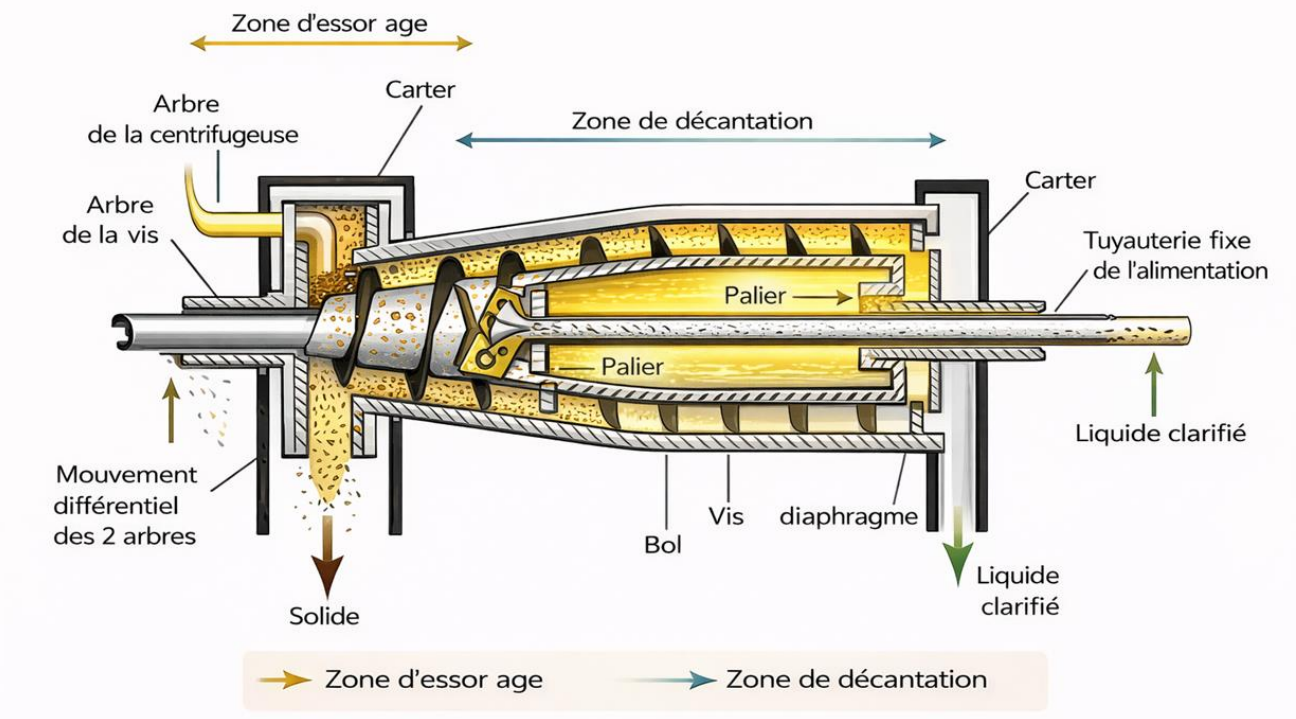


Figure II.9 : Centrifugeuse à raclette.

C. Centrifugeuse à grande vitesse :

Les centrifugeuses à grande vitesse (K > 3000) permettent de traiter des suspensions de très fines particules (de l'ordre de 1 µm) : soit dans une centrifugeuse à bol tubulaire (même géométrie que la figure II.10, mais fonctionnant à grande vitesse) pour l'extraction de bactéries ou encore le traitement du plasma sanguin ; soit dans une centrifugeuse à assiettes (figure II.10), pour l'écrémage du lait, la séparation de l'amidon ou la récupération des catalyseurs et des bactéries. Le bol peut faire de 15 cm à 1 m de diamètre et tourner jusqu'à 12 000 tours/min. Le débit maximum est de 100 m^3/h et la fraction volumique de solide ne doit pas excéder 15%.

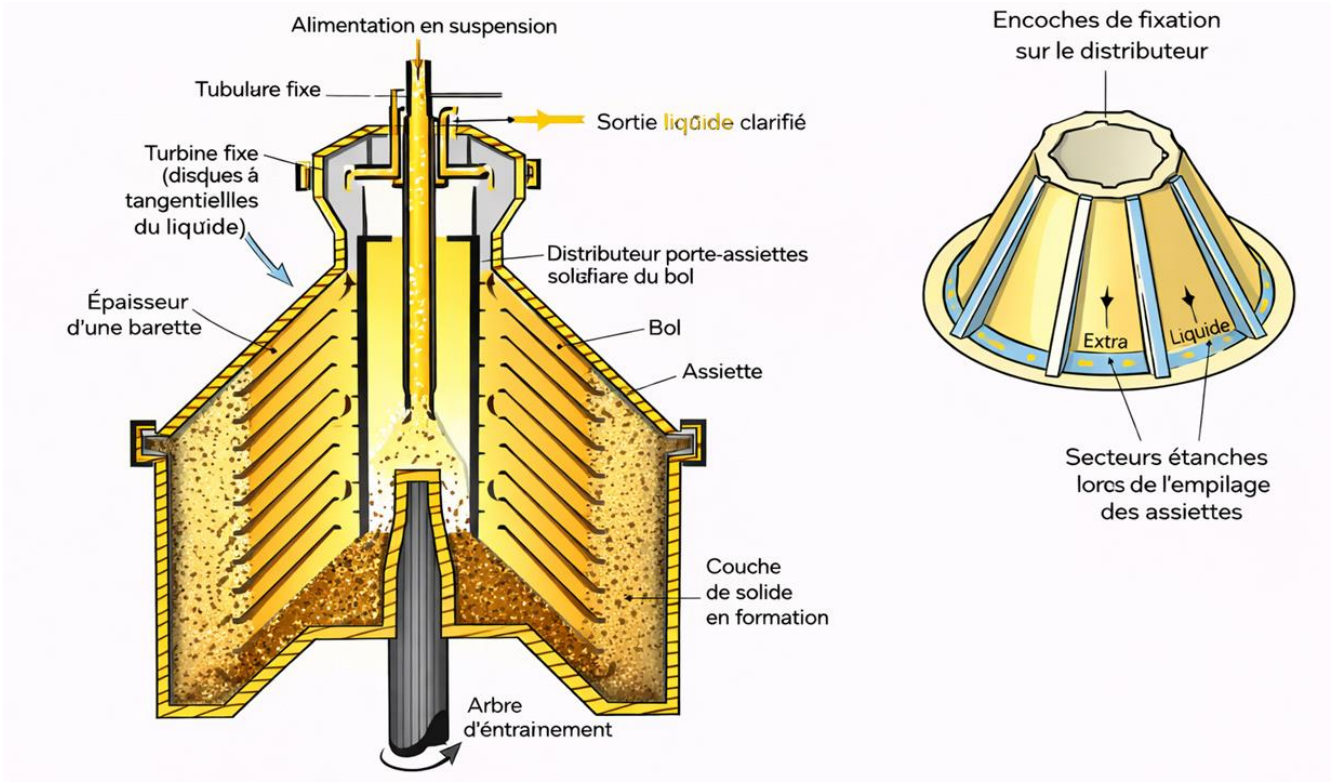


Figure II.10 : Centrifugeuse à assiettes.

II.7 Filtration centrifuge (essorage) :

L'essorage centrifuge est une opération élémentaire de génie chimique, par laquelle un mélange d'une phase solide en suspension dans une phase liquide est séparé, par passage de la phase liquide au travers de la phase solide et d'un élément filtrant, sous l'action d'un champ centrifuge. Ce type de séparation est utilisé pour l'essorage du sel marin, la préparation de produits cristallins et amorphes en pharmacie, ou encore l'essorage de l'amidon, de fécules, du sucre…. Le lit poreux constitué par la phase solide en cours d'opération d'essorage est communément appelé « gâteau ».

L'opération d'essorage est exécutée dans un rotor à paroi perforée, appelé panier, schématisé par la figure II.11, tournant à une vitesse de rotation supposée constante autour d'un axe XX', dont la paroi intérieure comporte un élément filtrant F.

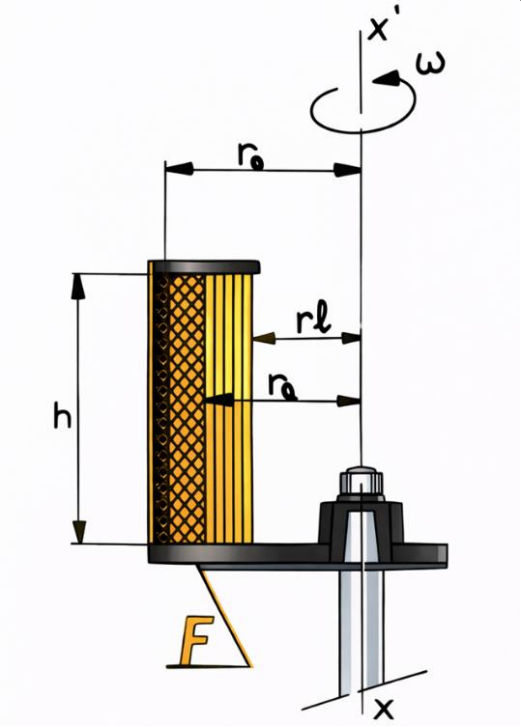


Figure II.11 : Essoreuse centrifuge.

II.7.1 Différentes phases d'un cycle tournant de fonctionnement d'une essoreuse centrifuge :

Cette opération se déroule en plusieurs étapes :

II.7.1.1 Période de chargement :

L'appareil est alimenté par le mélange et mis dans le panier de la centrifugeuse en rotation qui conduit à la formation progressive du gâteau jusqu'à atteindre le rayon interne rc. Celui-ci sera retenu par la paroi interne du panier jouant le rôle de filtre. L'élément filtrant fixé contre la paroi interne du rotor, est le support sur lequel viennent se déposer les particules solides constituant une couche perméable appelée "gâteau".

II.7.1.2 Période de lavage :

Un lavage éventuel du gâteau formé par un liquide traversant la couche poreuse afin d'éliminer le liquide mère emprisonné dans les pores ou dissoudre des impuretés adsorbées sur les particules solides.

II.7.1.3 Période d'essorage :

Cette période comporte elle-même deux phases :

- Dans la première phase, on extrait le liquide surnageant par rapport au gâteau, la charge hydrostatique est alors variable mais la résistance du gâteau pratiquement constante.
- Au cours de la seconde phase, on extrait le liquide contenu dans le gâteau, pression hydrostatique et résistance à l'écoulement variant simultanément.

II.7.1.4 Opération de déchargement :

Le gâteau essoré est extrait de l'appareil centrifuge, généralement au moyen d'un dispositif de raclage mécanique. Le temps de déchargement est fonction du type et de la taille de l'essoreuse et de la nature du gâteau.

II.7.2 Lois de débit de filtration :

Le débit de filtration est déterminé en se référant aux travaux réalisés par J. Anderson Storrow.

L'équation de l'écoulement, en régime permanent, sans tenir compte de la phase de chargement, est obtenue en écrivant l'équilibre entre la pression centrifuge et la force de frottement selon la loi de Darcy.

On obtient l'équation :

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{4\,\pi^3\,N^2}{\pi\,g}\,K_C\,h\,\frac{r_0^2 - r_i^2}{\log\frac{r_0}{r_C}}$$

Avec :

Q = débit de filtration en cm3/s.

V = volume du filtrat en cm^3.

t = temps en s.

N = vitesse de rotation en t/mn.

μ = viscosité en poises.

g = constante de la pesanteur en cm/s^2.

Kc = perméabilité du gâteau en centrifugation en g/s^2.

h = hauteur du panier en cm.

r_0 = rayon intérieur du panier en cm.

ri = rayon intérieur de l'anneau liquide en cm.

r_C = rayon intérieur du gâteau en cm.

Le débit critique Qc est défini pour ri = r_C

$$Q_C = \frac{4\,\pi^3\,\omega^2\,K_C\,h}{\mu\,g}\,\frac{r_0^2 - r_C^2}{\log\frac{r_0}{r_C}}$$

On constate que la variation de Qc pour r_C = ri est de la forme $Qc = A\,\omega^2$ à condition que le gâteau soit formé et maintenu en permanence sous un anneau liquide. (A = constante).

II.7.3 Différents types d'essoreuses centrifuges :

II.7.3.1 Essoreuses discontinues :

Ce sont les plus simples. Elles sont réalisées selon un cycle comprenant :

- La filtration avec formation du gâteau.
- L'essorage.
- Le lavage.
- L'essorage.
- Le débâtissage (déchargement)
- Eventuellement un lavage de la toile filtrante

Le déchargement du gâteau de filtration peut être fait :

- En place au moyen d'un couteau racleur.
- Ou bien en retirant la toile filtrante comme un sac renfermant le solide.
- Ou bien en retournant la toile du panier au moyen d'un dispositif automatique.

A. Essoreuse à axe vertical :

Comme leur nom l'indique, l'axe de rotation est vertical. Le fonctionnement est discontinu. Le déchargement du solide demande que la vitesse de rotation du panier soit réduite. Un couteau vient racler le gâteau qui est évacué par une ouverture dans le fond du panier.

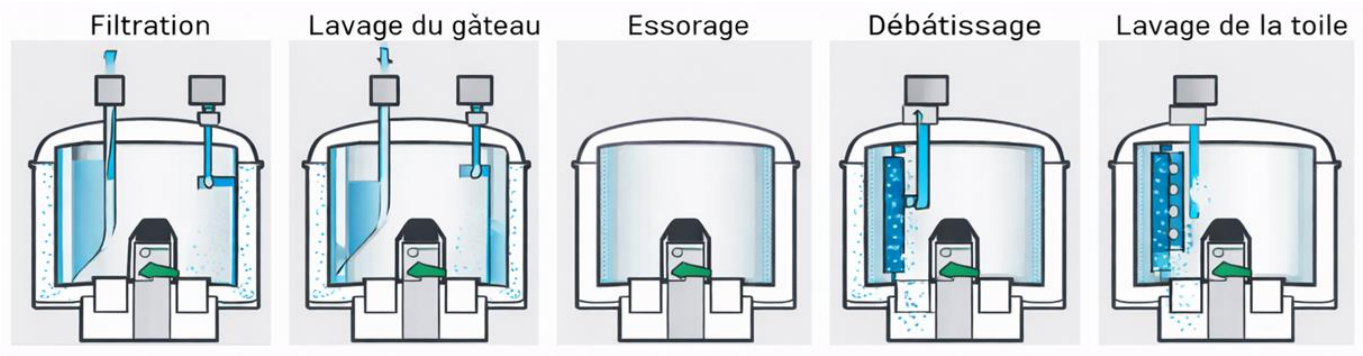


Figure II.12 : Essoreuse à axe vertical.

B. Essoreuse à axe horizontal :

L'axe de rotation est horizontal. Le fonctionnement peut être continu ou discontinu. Le déchargement du solide peut être fait à pleine vitesse, ce qui permet d'enchaîner les cycles de fonctionnement sans perte de temps. Cependant, pour ne pas risquer d'endommager le média filtrant, le couteau racleur est maintenu à une certaine distance, laissant un talon de solide sur la toile. Celui-ci accumulera au fil des cycles de filtration, les particules les plus fines. Il offrira une résistance de plus en plus grande à l'écoulement du liquide et devra périodiquement être éliminé. Elles peuvent être équipées d'un siphon de panier qui permet d'augmenter leur productivité par deux moyens :

- En phase filtration le siphon de panier permet de créer une dépression derrière le média filtrant qui augmente le débit de filtration du liquide
- En phase de nettoyage, il permet un lavage à contre-courant du média filtrant et du talon de gâteau.

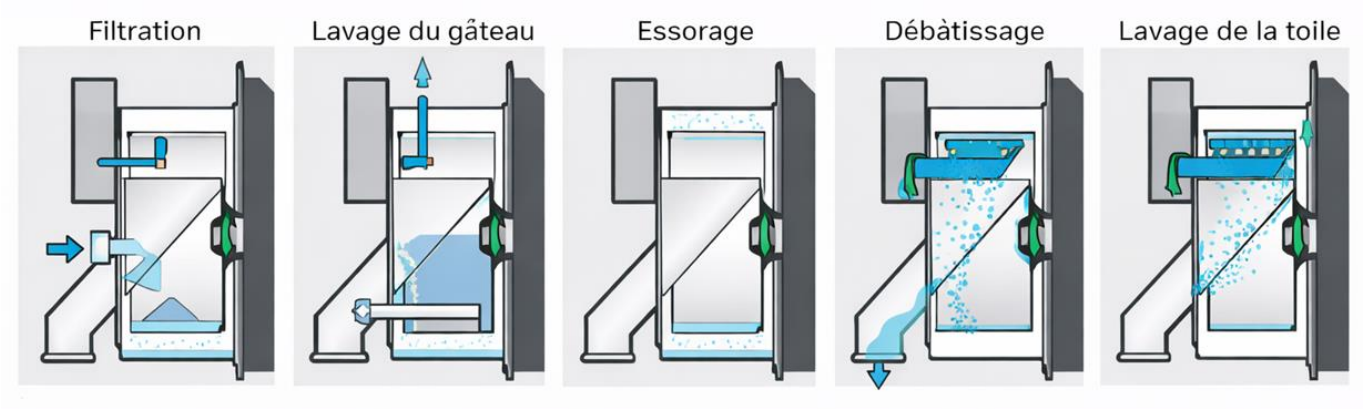


Figure II.13 : Essoreuse à axe horizontal.

II.7.3.2 Essoreuses continues :

Dans ce type d'appareils, l'alimentation de la suspension, l'écoulement du filtrat et l'évacuation de la phase solide s'effectuent en continu sans accumulation de l'une ou de l'autre des phases. Ce type de fonctionnement permet d'atteindre de gros débits de solides (jusqu'à 300 t/h). Les produits traités doivent être bien cristallisés avec des tailles de particules supérieures à 300 µm en raison de l'élément filtrant se trouvant dans le panier de l'appareil.

A. Essoreuses continues à poussoir :

Dans une essoreuse à poussoir, la matière solide forme un « gâteau » qui est essoré et transporté le long d'un ou plusieurs paniers équipés de grilles à fentes. Par de petits mouvements de poussée axiaux, le gâteau est poussé progressivement vers la sortie. Avec une faible vitesse de transport du solide (gâteau), l'essoreuse à poussoir permet des temps de séjour plus élevés, de faible perte de particules dans le filtrat ainsi que la minimisation des brisures de grain et une faible usure.

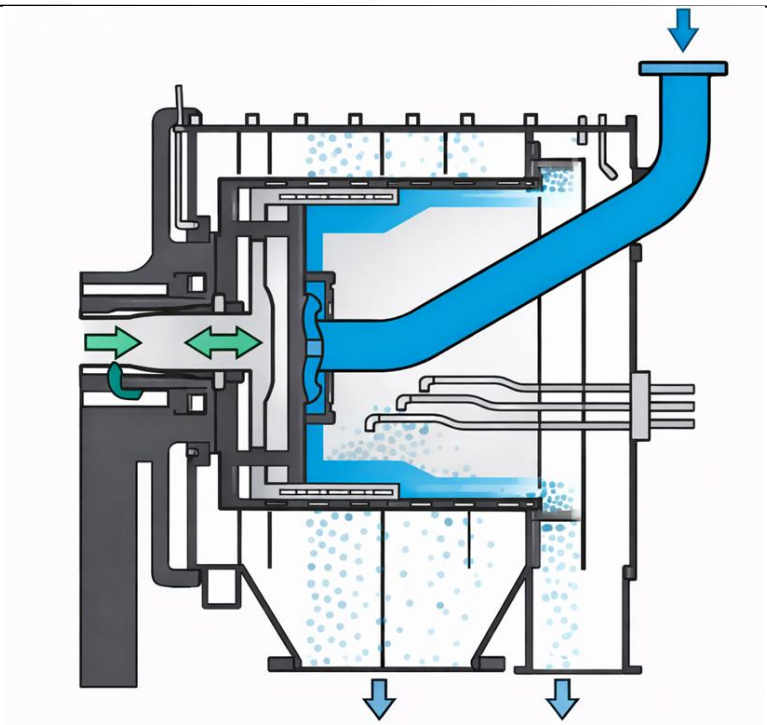


Figure II.14 : Essoreuse à poussoir.

B. Essoreuse continues à vis racleuse :

L'axe de rotation est horizontal. Le panier tronconique, tournant à grande vitesse, est équipé d'un tamis filtrant adapté au produit à traiter. Convient aux particules de taille supérieure à 50 µm. La vis racleuse, tournant à une vitesse légèrement inférieure à celle du panier, déplace le gâteau formé jusqu'à la zone de déchargement. Au cours de cette translation le gâteau peut être lavé avant son essorage final.

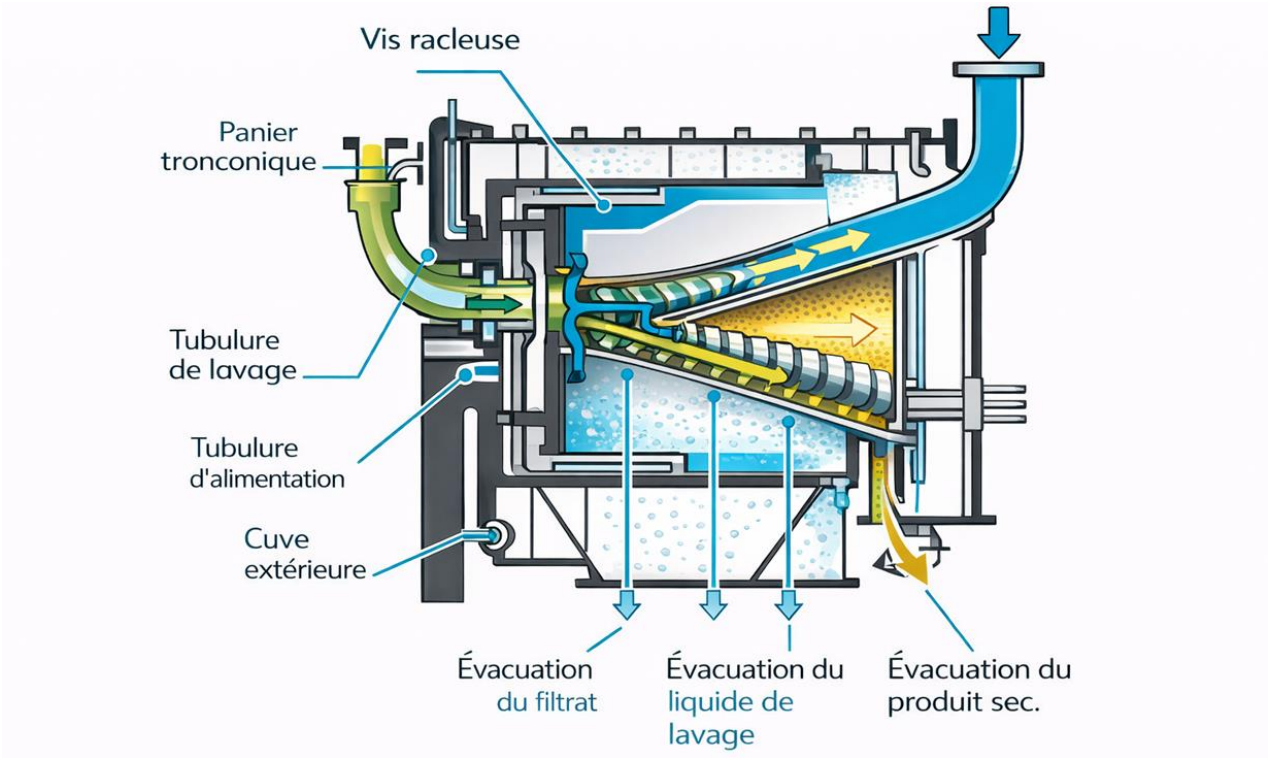


Figure II.15 : Essoreuse continues à vis racleuse.

C. Essoreuse continue à panier conique :

Ce type d'appareils à axe horizontal ou vertical, comportent un panier conique. Ils peuvent être sans vis racleuse et donc le solide est évacué s'écoule par glissement naturel le long des parois (figure II.16).

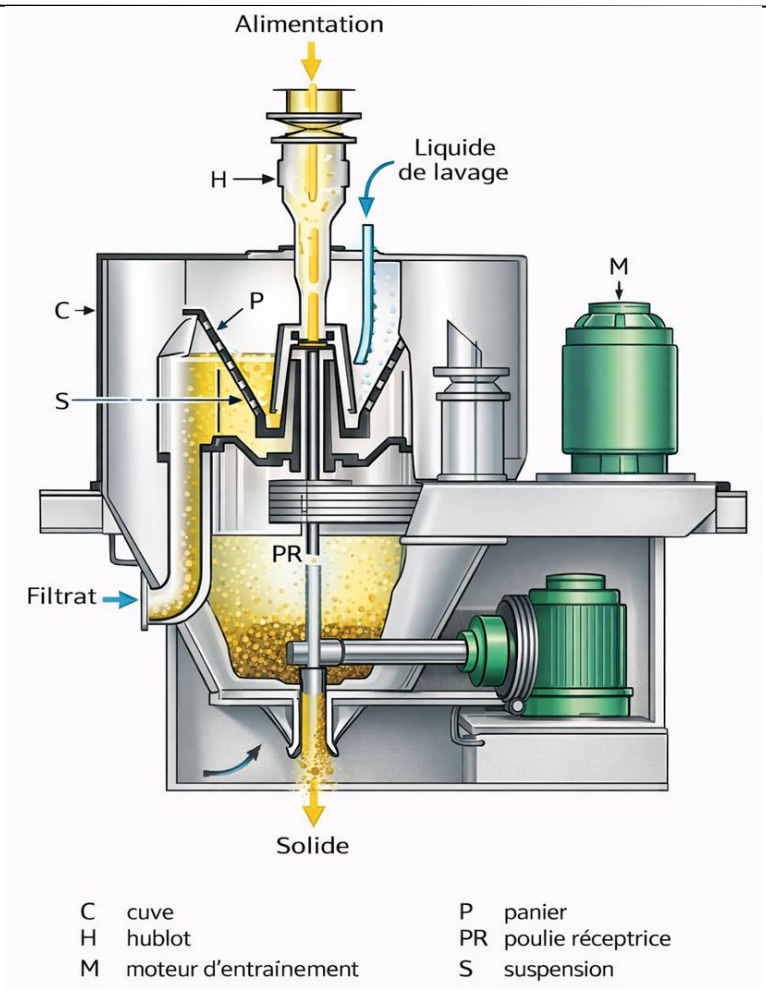


Figure II.16 : Essoreuse continu à panier conique sans vis racleuse.

Ils peuvent être vibrants, le panier est moins ouvert par rapport au précédent et le cheminement du sédiment et son évacuation sont assurées par une vibration axiale qui provoque une fluidisation partielle des solides. Les diamètres des paniers vont de 500 à 1500 mm (figure II.17).

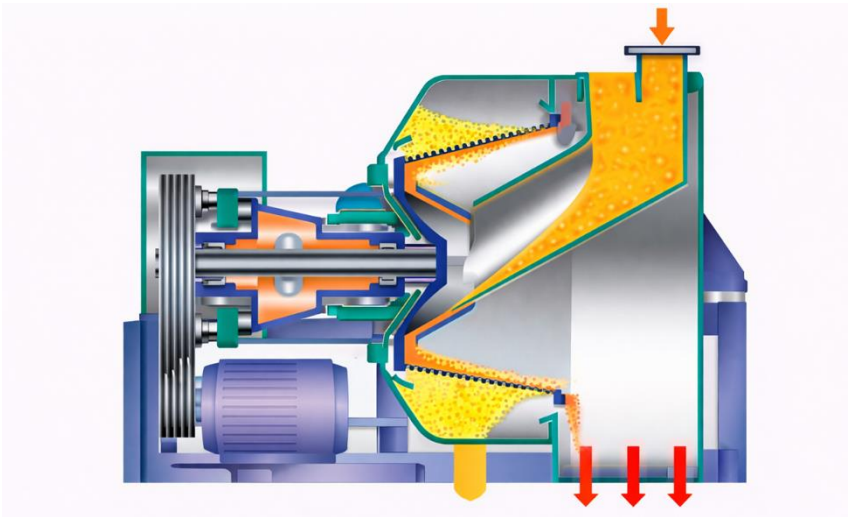


Figure II.17 : Essoreuse continue à panier conique vibrant.

Des centrifugeuses à axe vertical comportent des paniers coniques et un système d'excentrique permettant de faire varier l'angle de son axe de rotation avec la verticale selon une fréquence inférieure à celle de la rotation. Un mouvement de fluidisation partiel des particules solides est créé et permet leur acheminement le long de la paroi du panier et s'évacuent en continu (figure II.18).



Figure II.18 : Essoreuse à panier conique.