

Hydrocyclones

Les hydrocyclones sont les appareils de classification les plus utilisés dans l'industrie minière (Figure 1), particulièrement lorsque la granulométrie de l'alimentation est très petite. Les hydrocyclones sont des classificateurs forts simples qui n'ont pas de pièces mobiles, ce sont des corps cylindro-coniques auquel on fixe trois parties qui sont l'ouverture d'introduction de l'alimentation et les ouvertures permettant l'évacuation des produits, soit le diaphragme pour la surverse et la buse de décharge pour la sousverse. Le conduit d'alimentation comporte un manomètre qui mesure la différence de pression entre le conduit d'alimentation et l'orifice de décharge de la surverse, cette décharge se faisant à la pression atmosphérique

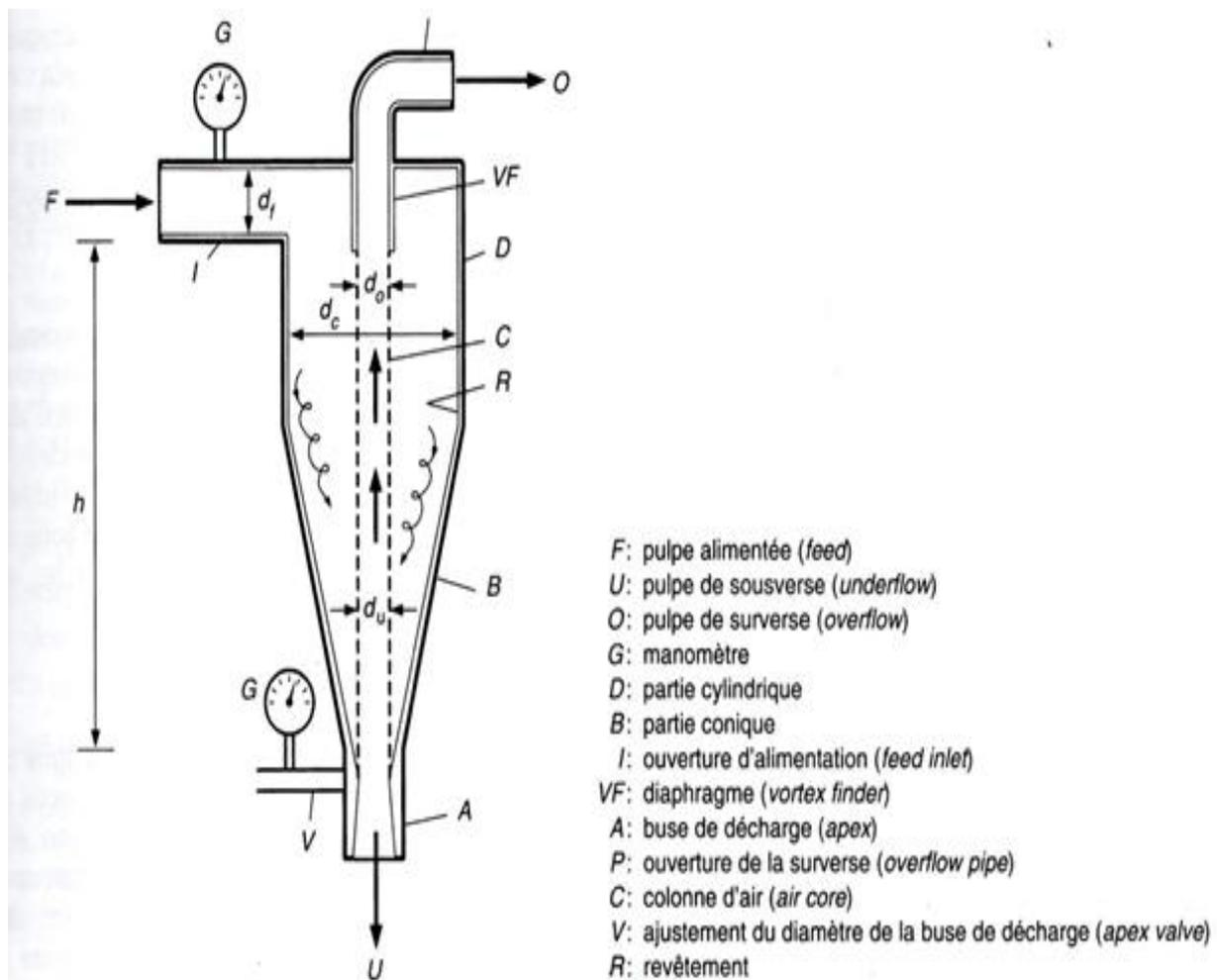


Figure 1 Parties constitutives d'un hydrocyclone

Le principe de fonctionnement est fort simple : au lieu de soumettre les particules uniquement à l'action naturelle des force de gravité, de la poussée d'Archimède et de celle qui dépend de la resistance causé par le fluide, principe utilisé dans les classificateurs ; l'effet de classement est augmenté en fonction de leur masse par une force additionnelle appelée force centrifuge. Ainsi la pulpe est alimentée latéralement avec une pression déterminée, ce qui crée la formation d'un vortex ; ce vortex comprend une zone de faible pression autour de son axe central matérialisée par une colonne d'air. La zone de pulpe au voisinage direct de la colonne d'air est en fait une écorce intérieure de la pulpe caractérisée par une vitesse de pulpe verticale ; elle comprend les particules de la surverse, qui seront évacuée par l'ouverture du diaphragme.

La deuxième zone est composée de particules plus grosses pour lesquelles l'effet de la force centrifuge est prépondérant par rapport à l'effet de la force centripète. Par conséquent, ces particules sont animées d'un mouvement dirigé vers la paroi intérieure de l'hydrocyclone, puis vers la buse de décharge, pour constituer la sousverse (Figure 2).

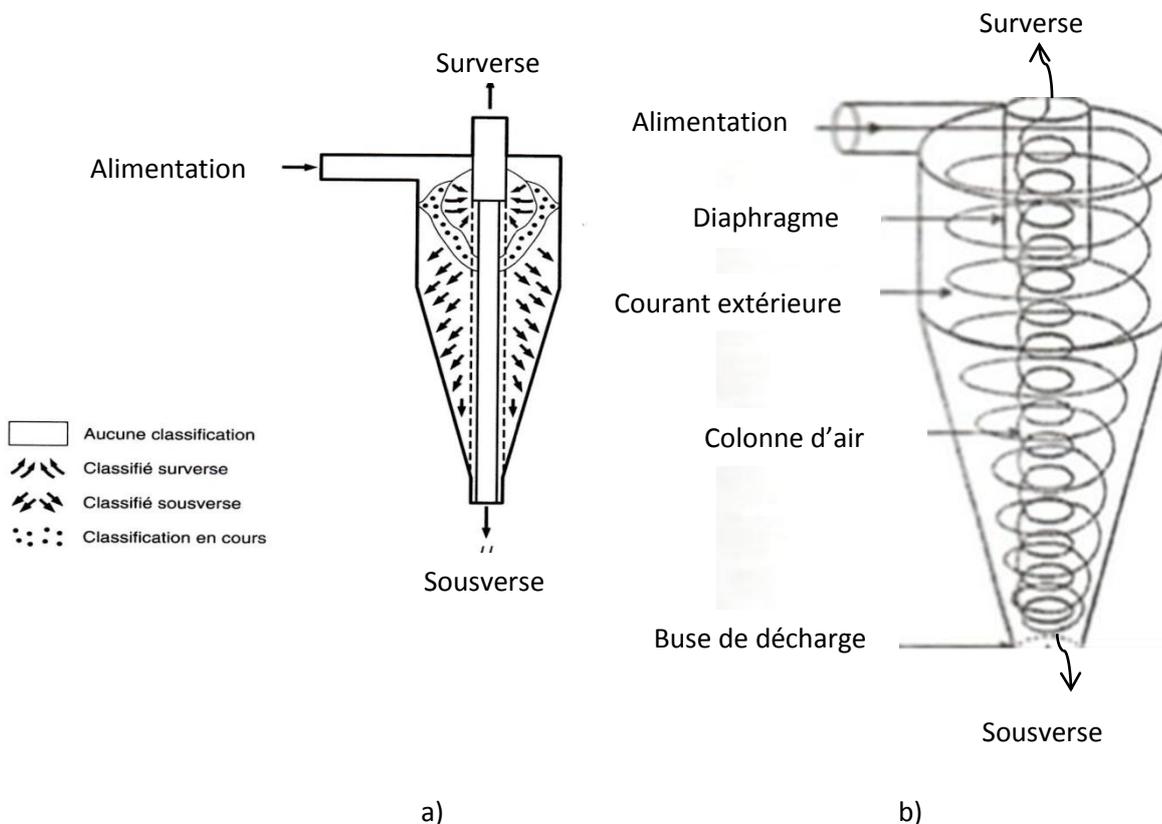


Figure 2 Zones à l'intérieur d'un hydrocyclone

La taille de l'hydrocyclone est le diamètre de sa section cylindrique. Les variables qui influent sur les performances d'un hydrocyclone peuvent être divisées en deux groupes en tant que variables de conception et variables d'exploitation.

Les variables de conception sont la taille de l'hydrocyclone, le diamètre du conduit d'alimentation, le diaphragme et sa position et la buse de décharge.

Les variables d'exploitation sont le taux d'alimentation, la pression d'alimentation, le rapport solide-liquide, la densité, la taille et la forme des solides dans l'alimentation, ainsi que la densité et la viscosité du milieu liquide.

Les avantages de l'hydrocyclone sont :

- Classification plus précise
- Economiser sur l'espace au sol
- Faible consommation d'énergie
- Facilité d'entretien et maintenance
- Elimination de surcharge du cycle
- capacité d'équilibré rapidement le circuit de traitement.

Généralement, dans la minéralurgie l'hydrocyclone est utilisé comme classificateur qui a montré son efficacité lors de la separation des particules fines (dimension comprise entre 150 et 5 microns). Il est utilisé dans les circuits de broyage en circuit fermé. Une autre fonction est celle de l'épaississage, procédé par lequel on prélève de la pulpe une partie de son eau afin d'accroître son pourcentage de solides.

2. Méthodes physiques de concentration

2.1 Méthodes gravimétriques

Les méthodes de concentration gravimétriques sont parmi les plus anciennes et les plus utilisées de nos jours. Elles sont utilisées principalement pour la concentration du charbon, du fer, d'étain, de titane, de chrome, de barytine, de mica, et d'or. Les méthodes gravimétriques comprennent les méthodes par nappes pelliculaire fluentes, par jigs et par milieux denses.

2.1.2 Principe

Lorsque deux particules de masses volumiques différentes mais d'un même volume commencent à tomber en même temps dans un fluide, celle qui a une masse volumique supérieure a une vitesse de chute plus grande que celle qui a une masse volumique inférieure. Un guide a été proposé afin de vérifier l'applicabilité de la concentration gravimétrique selon le critère de Taggart.

$$\text{Critère de Taggart} = \frac{\rho_{s_2} - \rho_p}{\rho_{s_1} - \rho_p}$$

Où :

ρ_{s_1} : masse volumique peu élevée

ρ_{s_2} : masse volumique élevée

ρ_p : densité de la pulpe

En comparant avec ce guide, l'utilisation de toutes ces méthodes est possible, lorsque la valeur du critère de Taggart est supérieure positivement ou négativement à 2.5, la séparation gravimétrique est possible pour les particules inférieure à 75 microns. Par contre si la valeur du critère diminue, l'efficacité de la séparation diminue aussi et s'il est inférieur à 1.25 la concentration gravimétrique devient économiquement non applicable.

Les valeurs du critère et dimensions des particules, obtenus d'après des données expérimentales sont représentés par le tableau suivant :

Valeur du critère de Taggart	Remarques		
	Séparation	Méthodes	Granulométrie minimale
> 2.5	Facile	Toute	75 microns
2.5 – 1.75	Effective	Toute	150 microns
1.75 – 1.5	Possible mais difficile	Toute	2 mm
1.5 – 1.25	Possible mais difficile	Toute	6.5 mm
< 1.25	-	DMS	-

2.1.3 Méthodes en milieux denses

2.1.3.1 Généralités

Les méthodes de concentration en milieux denses (dense media separation [DMS], Heavy media separation [HMS], Sink-float separation) sont les méthodes gravimétriques dont le principe de fonctionnement est le plus simple. Selon ce principe, toute particule située dans un fluide quelconque (appelé milieu) se positionne selon sa masse volumique ; si sa masse volumique est inférieure à celle du milieu, la particule monte) la surface de celui-ci, c'est-à-dire qu'elle flotte et fait partie du produit appelé flottant (float). Si au contraire sa masse volumique est supérieure à celle du milieu, la particule descend jusqu'au fond de celui-ci, c'est-à-dire qu'elle plonge et fait partie du produit appelé plongeant (sink). Le milieu a une masse volumique ou densité supérieure à l'unité (généralement comprise entre 1.3 et 3.8).

Donc, ρ_{S_1} et ρ_{S_2} sont les masses volumiques de solides ρ_m est celle du milieu, et si $\rho_{S_1} < \rho_m < \rho_{S_2}$, les particules avec ρ_{S_1} flottent ; les particules avec ρ_{S_2} plongent.

Les deux principales forces en jeu sont la force gravitationnelle et la force d'Archimède. Les méthodes DMS sont très efficaces, elles sont utilisées pour enrichir les minerais de charbon, de fer, de titane, de chrome, de manganèse, d'étain, de tungstène, etc. Le diamètre des particules à traités varie de 10 mm à 200 mm.

2.1.3.2 Milieux denses

Les principaux milieux denses comprennent deux groupes. Parmi ceux-ci, les liquides denses sont des liquides organiques. Ils sont rarement utilisés à l'échelle industrielle, étant coûteux, volatils et souvent toxiques, inflammables, corrosifs et instables. Ils sont représentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Liquides organiques et masses spécifiques

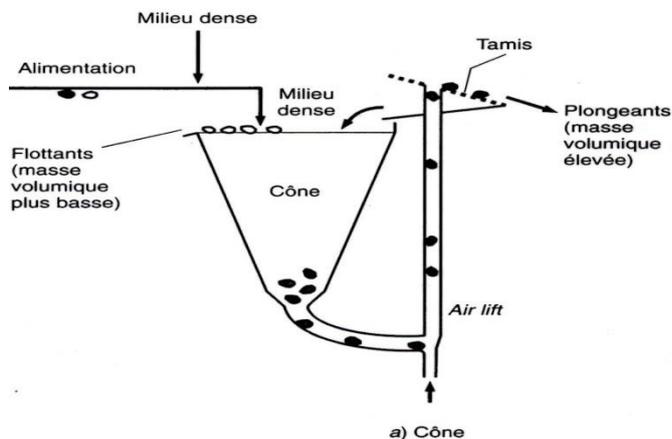
Liquides	Formule chimique	Masse volumique (g/cm ³)
Benzene	C ₃ H ₆	0.80
Carbon tetrachloride	C Cl ₄	1.58
Pentachloroethane	C Cl ₂ CH Cl ₂	1.67
Methylene Bromide	CH ₂ Br ₂	2.48
Bromoform	CH Br ₃	2.89
Tetrabromo ethane	C ₂ H ₂ Br ₄	2.96
Methylene Iodide	CH ₂ I ₂	3.31
Thallos formate Sodium	H COOTI	3.39

Les produits obtenus nécessiteraient une étape de nettoyage pour ôter et détruire le liquide dense resté collé aux particules, de manière à éliminer les dangers qui risquent de contaminer l'environnement.

Les pseudo-liquides ou les suspensions sont les milieux denses les plus employés. Ce sont des pulpes préparées avec un composé chimique presque pur, d'une masse volumique élevée d'une granulométrie déterminée, correspondant à une densité de pulpe donnée appelée densité du milieu ρ_m . Plusieurs solides sont utilisés, comme la galène, la barytine et la magnétite trois minéraux naturels, et le Ferrosilicium, préparé artificiellement. Les seuls solides les plus utilisés de nos jours pour l'élaboration du pseudo-liquide sont la magnétite et le Ferrosilicium. On utilise une méthode efficace et peu coûteuse qui est la séparation magnétique à basse intensité par voie humide pour récupérer la magnétite et le Ferrosilicium.

2.1.3.3 Equipements

Les principaux caractéristiques des équipements utilisés dans la méthode de concentration DMS ont une très grande variabilité qu'ils soient de type statique ou fonctionnent avec l'utilisation de la force centrifuge.

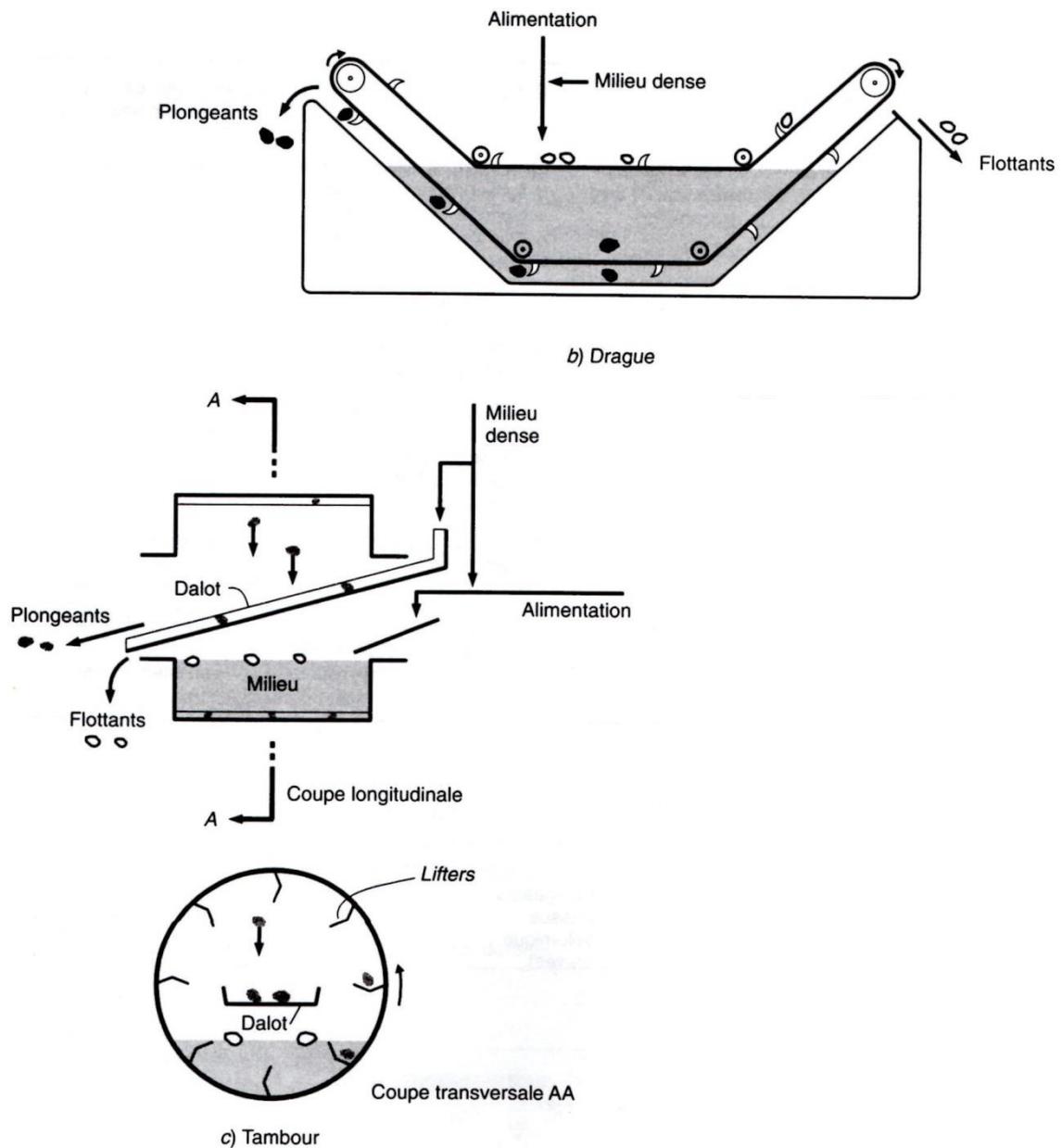


a) Cône

Le cône est un équipement de concentration DMS de type statique, la granulométrie d'alimentation varie de 1.5 mm à 20 cm. Le minerai est alimenté au centre ; le flottant déborde à la périphérie tandis que le plongeant est remonté par le bas à l'aide d'un air lift ou d'une pompe. Sa capacité est de 500 tph.

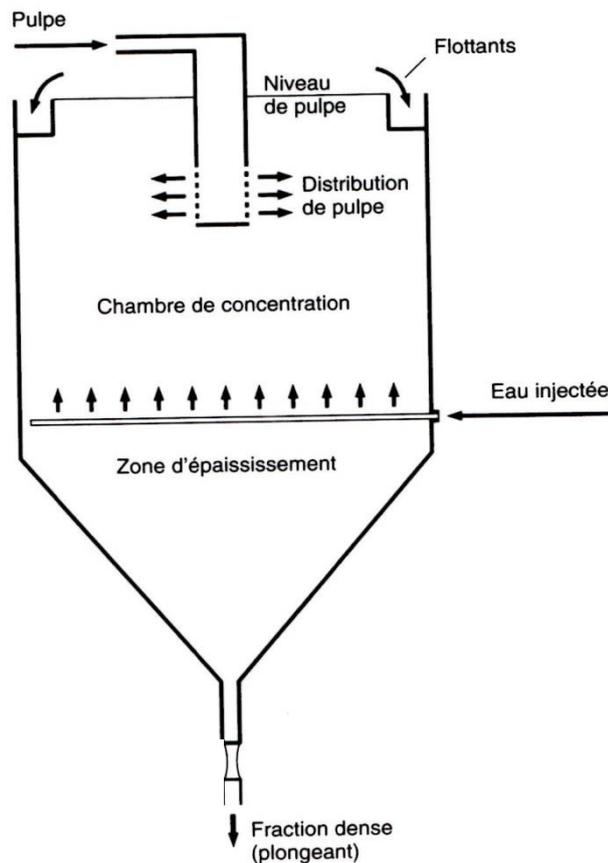
b) Dragage

Le dragage est doté d'un racloir mobile, la granulométrie d'alimentation est comprise entre 0.5 cm- 20 cm. Un convoyeur à godets gratte le fond en remontant le plongeant d'un côté et en acheminant le flottant du côté opposé, sa capacité est de 30 à 75 tph.



c) Tambour

C'est un équipement de concentration DMS de type rotatif, la granulométrie d'alimentation est comprise entre 2 cm- 20 cm. Le plongeur est soulevé pendant la rotation par les lifters, puis retombe dans le dalot central immobile. Tandis que le flottant déborde naturellement, sa capacité est de 5 – 10 tph (Tambours de 1.2 m) et 115-150 tph (tambour de 3.5 de diamètre)



e) Séparateur Floatex

La pulpe est alimentée dans cet appareil par un tuyau central pour être distribuée de façon homogène, sous le niveau de la pulpe, dans la chambre de concentration forme rectangulaire où les particules sont soumises à de la sédimentation gênée, provoquée par l'injection d'eau à une vitesse réglée, par l'intermédiaire d'un grand nombre de tuyaux horizontaux perforés, de sorte que l'ensemble particules-eau se comporte comme un milieu dense autogène. Les particules moins denses que le milieu flottent pour déborder par-dessus un seuil. Les particules les plus denses constituent le milieu dense, plongeant progressivement vers la partie inférieure en forme de pyramide inversée qui permet d'obtenir une sousverse avec un contenu minimal en eau. Cet appareil ne nécessite pas de circuit de nettoyage et de récupération du milieu dense