***TD N°2 : CIRCUITS DE FLOTTATION***

Le critère de sélection prioritaire pour le choix d’un type de circuit de flottation est avant tout un critère économique, qui prend en compte prioritairement le coût d’investissement et le coût de la maintenance. Le coût d’investissement ***I*** étant fonction croissante du volume ***V*** de la cellule, on préfère pour un volume global donné, quelques grandes cellules à de nombreuses petites cellules dont, en outre, les coûts d’installation et les frais proportionnels sont moindres. Ainsi, pour un concentrateur de 30 000 t/j, on passe par exemple de quelques centaines de cellules à moins de 40, quand on choisit des cellules de **30 m3** au lieu de cellules de **2,5 m3**. Les cellules de **30 m3** peuvent être assemblées en bancs de **4 à 10** cellules, voire de **16 à 20**. Le nombre de cellules par banc est un compromis entre la distribution du temps de séjour et les exigences économiques pour chaque cas étudié. Aussi, ne sont donnés ci-après que des schémas de principe.

1. **CIRCUITS SIMPLES**
2. **Cas d’un seul produit flotté**

* Pour la flottation d’un seul minéral, la [figure **01**](http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispMain.asp?ngcmId=j3360&file=j3360/j3360-2.htm#J3360D018.HTM) donne le schéma de principe, qui comprend généralement : le circuit **principal**, composé d’un banc de **dégrossissage** I (*roughing*) et d’un banc d’**épuisage** II (*scavenging*) ;
* Le circuit de **relavage**, qui retraite le concentré de dégrossissage dont la teneur n’est pas à la valeur requise. Ce relavage (*cleaning*) peut être réalisé en une ou plusieurs étapes (deux dans l’exemple de la [figure 0**1**](http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispMain.asp?ngcmId=j3360&file=j3360/j3360-2.htm#J3360D018.HTM) ).

Les rejets du circuit de relavage sont recyclés vers le circuit principal. Le nombre de cellules de relavage est généralement faible, car le but de cette étape est de produire un **concentré riche**. La tendance générale est d’effectuer le **relavage** avec des cellules de grandes dimensions.

Relavage

03 Cellules

**Alimentation**

Dégrossissage

06 Cellules

Epuisage

04 Cellules

**Concentré final**

**Rejet final**

**Figure**[**01**](http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispMain.asp?ngcmId=j3360&file=j3360/j3360-2.htm#J3360D018.HTM) : Exemple de circuit de flottation pour un seul produit

#### Cas de plusieurs produits flottés

La [figure **02**](http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispMain.asp?ngcmId=j3360&file=j3360/j3360-2.htm#J3360D019.HTM) présente le schéma de flottation pour un minerai de plomb, zinc et cuivre. Après dépression du Zn dans le broyeur, on flotte un concentré global de Pb/Cu, qui est retraité par dépression du Pb et flottation du Cu. Les non-flottés du circuit Pb/Cu subissent un conditionnement pour activer Zn, que l’on flotte ensuite comme s’il s’agissait d’un minerai à un seul produit.

Concentré de Cu

Rejet finale

Concentré de Pb

Concentré de Zn

[Figure **02**](http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispMain.asp?ngcmId=j3360&file=j3360/j3360-2.htm#J3360D019.HTM)**:** Circuit de flottation de plusieurs produits flottés.

Dans le cas de minéraux industriels non ferreux, pour lesquels on recherche la pureté (barytine, fluorine), on regroupe dégrossissage et épuisage et on augmente le nombre d’étages de relavage.

### CAS D’OPERATIONS COMPLEXES

Il est souvent nécessaire d’inclure dans le circuit de flottation des opérations visant soit à compléter la libération des minéraux à récupérer, soit à éliminer de fines particules gênantes, soit enfin à récupérer de l’eau et à réguler la dilution. Le **rebroyage** est effectué sur des concentrés ou des rejets. Dans le premier cas, il s’agit d’obtenir des concentrés plus riches, dans le deuxième, d’augmenter la récupération du métal.

Le rebroyage est réalisé en circuit fermé avec une classification par hydrocyclone, sur des concentrés de dégrossissage et/ou d’épuisage. La surverse du cyclone est ensuite reflottée dans un circuit de relavage pour donner un concentré définitif. Ce type de schéma devient vite compliqué lorsqu’il s’agit de récupérer plusieurs produits, mais le rebroyage d’une faible partie du minerai, constituée d’un préconcentré, permet des gains substantiels (durs) sur les consommations énergétiques comparées à celles entraînées par un broyage poussé de toute la matière avant flottation.

Le **deschlammage**, qui consiste à éliminer les fines particules gênantes, est réalisé dans la plupart des exploitations par hydrocyclone avant l’entrée du circuit de flottation. Il évite le phénomène d’adagulation et une consommation élevée de réactifs.

L’**épaississage** réalisé dans des décanteurs-épaississeurs peut jouer le rôle de tampon (bouchon) et de régulation, en permettant de stocker une quantité importante de pulpe entre deux étapes de traitement. Il peut aussi avoir pour but de changer l’eau dans des procédés complexes, où l’on utilise des réactifs incompatibles entre eux.

1. **CALCUL DU NOMBRE ET DES DIMENSIONS DES CELLULES**

La démarche permettant d’affiner la présente méthode couramment utilisée pour calculer les volumes et les circuits des unités industrielles.

Le dimensionnement des cellules de dégrossissage peut être calculé sur la base des résultats d’essais discontinus de laboratoire, ou de résultats obtenus en pilote continu. Les « temps de séjour » obtenus par des essais en discontinu au laboratoire doivent être doublés, voire triplés, à l’échelle industrielle. En effet, au laboratoire, tout solide a le même temps de rétention et la même probabilité d’être flotté, alors que, dans un circuit industriel, une partie de la pulpe, court-circuitée, sort rapidement et son temps de séjour est plus faible que celui déterminé lors d’un essai discontinu. À l’inverse, une autre partie peut séjourner plus longtemps. Par contre, quand il s’agit de temps de séjour déterminés dans un circuit pilote en continu, on prend une valeur identique et parfois même légèrement inférieure pour le circuit industriel.

Le volume occupé par la pulpe peut n’être que de 50 à 60 % du volume de la cuve pour une cellule de taille industrielle, par suite des volumes occupés par le rotor, le stator, les chicanes, etc., et par l’air entraîné dans la pulpe, qui représente 5 à 30 % en volume (en moyenne 15 %). Connaissant le débit de solide sec, sa masse volumique, celle de la pulpe, et le temps de séjour, il est possible de calculer le volume total requis pour chaque circuit de flottation.

Lorsque l’on a choisi un type de cellule, on estime son volume de pulpe et on peut calculer le nombre de cellules. Pour les grands concentrateurs, le circuit de dégrossissage-épuisage est divisé en plusieurs bancs de cellules. L’utilisation de grandes cellules, de volume supérieur à 14 m3, permet de concevoir des circuits équipés d’un seul banc de quelques cellules, dont le nombre est moindre pour la flottation des non métalliques que pour celle des sulfures métalliques.

* **Exemple d’un circuit de flottation à un produit**

Données :

Masse journalière = 100 000 t ;

Masse volumique du minerai = 2,8 g/cm3 ;

Concentration massique du solide dans la pulpe = 35 % ;

Temps de séjour = 10 min.

Calcul :

Débit solide : 100000/24= **4167 t/h**

Débit d’eau :  (4167/0.35)-4167=**7739 t/h**

Débit pondéral de pulpe : 4167 + 7 739 = **11 906 t/h** ;

Débit volumique de pulpe :(4167/2.8\*60)+(7739/1\*60)=**154 m3/min**

Le volume total du circuit de flottation est de 10 × 154 = **1 540 m3.**

Pour des cellules de 40 m3, en admettant une perte de volume de 20 %, il reste par cellule un volume réel de **32 m3** pour la pulpe. Il faut donc un nombre de cellules de : 1 540 : 32 =**48,13** cellules, soit 48 cellules.

Quatre bancs de douze cellules conviennent. Chaque banc peut être composé de trois groupes de quatre cellules, situées sur un même plan pour un meilleur réglage de la hauteur des mousses.

Pour augmenter la sélectivité de l’étape de relavage, les cellules fonctionnent avec une pulpe de masse volumique plus faible que pour le dégrossissage-épuisage. La récupération des particules plus difficiles à flotter est assurée en prenant des temps de séjour de la pulpe au moins aussi longs que le temps de séjour du dégrossissage. Les particules, totalement libérées mais flottant lentement, sont souvent perdues si l’on ne respecte pas cette condition. Cependant, un circuit de relavage, dont le non-flotté retourne au dégrossissage, n’a pas à craindre un court-circuitage des particules vers les stériles ; aussi les circuits de relavage sont-ils plus courts que les circuits de dégrossissage-finissage. On préfère en général le dispositif de transfert cellule à cellule au dispositif ouvert.