ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2014

Toute documentation permise Calculatrices : modèles autorisés seulement Durée de l'examen : 3 heures

14-Min-A3 Traitement des minerais

L'examen comporte 4 pages incluant cette page. Assurez-vous d'avoir le texte complet de l'examen avant de commencer.

Lorsque cela n'est pas spécifié :

- ***Une tonne désigne une tonne métrique;***
- ***Un $ désigne un $ canadien;***
- ***Les concentrations sont en poids***

Si nécessaire, utilisez les données des tableaux suivant:

Masses molaires			
Aluminium : 27	Cuivre : 63.5	Manganèse : 54.9	Silicium: 28.1
Antimoine : 121.8	Fer : 55.8	Or : 197	Sodium : 23.0
Argent : 107.9	Fluor : 19.0	Oxygène : 16	Soufre : 32
Arsenic : 74.9	Lithium : 6.9	Potassium : 39.1	Titane : 47.9
Carbone : 12	Magnésium : 24.3	Plomb : 207	Zinc : 65.4

<u>Unités de longueur</u> 1 pouce = 2.54 cm 1 pied = 12 pouces 1 verge = 3 pieds = 36 pouces 1 m = 100 cm = 1,000,000 microns (µm)	<u>Unités de masse</u> 1 kg = 2.204 lbs 1 tonne courte = 2000 lbs 1 livre = 16 onces 1 once troy = 31.105 g
<u>Unités de volume</u> 1 m^3 = 1000 litres = 1,000,000 cm^3 1 gallon (US) = 0.1336 pi^3 USGPM : Gallons US par minute	<u>Unités de température</u> °C = K - 273 = (°F-32)·5/9 <u>Unités de concentration</u> ppm = parties par million (g/t)

Question 1 : Traitement des minerais de bauxite (15 points)

a. Quel procédé est utilisé pour produire l'alumine à partir de la bauxite? Décrivez ce procédé en identifiant les réactifs et les principales étapes de transformation. Faites un schéma simple du procédé (4 pts).
b. Qu'est-ce que la boue rouge et quel en est le principal constituant? (1 pt)
c. Un minerai de bauxite est composé de 80% $Al_2O_3.3H_2O$, 4% SiO_2, 15% Fe_2O_3, 1%TiO_2. Le traitement de cette bauxite donne une alumine d'une pureté de 99.7% Al_2O_3, 0.1%SiO_2, 0.1 Fe_2O_3 et 0.1%Na_2O. La teneur en aluminium des rejets est 6.2%. Quelle masse d'alumine (Al_2O_3) est extraite suite au traitement de 100 tonnes de cette bauxite (5 pts)? Quel est le rendement aluminium (récupération Al de l'alimentation à l'alumine) en % du procédé (5 pts)

Question 2 : Traitement des minerais de fer (15 points)

a. Les deux principaux minéraux exploités dans la production du fer de l'acier sont l'hématite et la magnétite. Donnez la composition de ces minéraux (1 pt).
b. Décrivez le fonctionnement de la spirale utilisée pour concentrer l'hématite (2 pts)?
c. Décrivez un appareil utilisé pour concentrer la magnétite (2 pts)?
d. Un concentrateur traite un minerai contenant 37%Fe sous la forme d'hématite dans une gangue de quartz. Le concentré produit titre 66.5%Fe et les rejets contiennent 8%Fe et 85% quartz. Si le concentrateur traite 40 000 tonnes de minerai par jour, calculer la masse de concentré produit chaque jour (5 pts). Calculez la teneur en quartz dans l'alimentation du concentrateur si le concentré contient 4.2% quartz (5 pts).

Question 3 : Traitement des minerais de cuivre (15 points)

a. Calculez la concentration de cuivre dans la chalcopyrite (1 pt);
b. Le principal minéral porteur de cuivre dans un minerai de cuivre est la chalcopyrite. Les minéraux de gangue sont la pyrite (FeS_2) et le quartz (SiO_2). Le traitement du minerai va se faire par flottation:
    i. Habituellement, la dimension des particules alimentant le circuit de flottation est :
        1. Supérieure à 1 mm;
        2. Entre 0.5 et 1 mm;
        3. Inférieure à 0.1 mm

    Justifiez votre réponse (2 pts);

    ii. Pour flotter la chalcopyrite et déprimer la pyrite, le pH de la flottation dans les ébaucheurs devrait être :
        1. Inférieur à 2.0;
        2. Neutre ou légèrement alcalin;
        3. Supérieur à 11.0.

    Justifiez votre réponse (2 pts);
c. Le rendement cuivre du concentrateur est de 92%. Si l'alimentation du concentrateur titre 2.4% Cu et que les rejets contiennent 0.21%Cu, calculez la teneur (%Cu) du concentré de cuivre produit par le concentrateur (5 pts). Calculez la teneur en pyrite dans le minerai si les teneurs en fer du concentré et des rejets sont respectivement 34.33% et 15.28% (5 pts).

Question 4 : Essais semi-batch de flottation sur un minerai sulfuré Cu-Zn (30 points)

Des essais de flottation semi-continue (en laboratoire) ont été réalisés pour évaluer un collecteur pour le minéral de cuivre. Le minerai est composé uniquement de chalcopyrite ($CuFeS_2$), pyrite (FeS_2), marmatite ($Zn_{0.94}Fe_{0.06}S$) et SiO_2. Les essais de flottation semi-continue sont effectués en utilisant des lots de 1kg de minerai broyé. Le minerai est chargé dans une cellule de laboratoire de 1 litre et le volume est complété avec de l'eau. Le pH est ajusté et maintenu à une valeur cible avec une base ou un acide selon le cas. Le collecteur est ensuite ajouté selon le dosage déterminé lors de la planification des expériences et la pulpe est conditionnée pendant 2 minutes. L'air est injecté et un chronomètre est mis en marche dès que la mousse atteint la lèvre de débordement de la cellule. Le concentré (ce qui flotte) est collecté pendant 30 secondes, puis l'arrivée d'air est coupée et le concentré recueilli est mis de coté. L'injection d'air est remise en marche pour 30 secondes afin de récupérer un second échantillon de concentré. Le processus est repris pour deux temps d'une minute et deux temps de flottation de 2 minutes. Les 6 échantillons de concentré sont séchés, pesés et analysés pour déterminer les concentrations de cuivre, de zinc et de fer. Les rejets, i.e. la matière qui reste dans la cellule de flottation après la dernière étape de flottation, sont aussi séchés, pesés et analysés chimiquement. Les résultats d'un essai de flottation sont donnés au tableau 1.

Tableau 1. Résultats d'un essai semi-batch de flottation.

Temps		Teneur élementaire		
(min)	Masse (g)	Cu	Zn	Fe
0,5	14,33	24,44	7,34	29,25
0,5	11,69	22,75	8,47	29,09
1,0	17,70	20,08	10,23	28,85
1,0	12,65	16,21	12,70	28,54
2,0	16,99	10,98	15,82	28,22
2,0	11,31	5,49	18,70	28,06
Rejet	915,33	0,05	7,85	19,35

On vous demande :

1. De calculer la composition (%Cu, %Fe, %Zn) du minerai (5 pts);
2. De calculer la teneur en pyrite de l'alimentation (5 pts);
3. De calculer le rendement cuivre après 5 minutes de flottation (rendement cumulé) (5 pts);
4. De calculer la teneur cumulée en zinc dans le concentré (matière flottée) après 7 minutes de flottation (5 pts);
5. D'estimer approximativement le rendement infini de flottation du cuivre (5 pts);
6. D'estimer approximativement la constante cinétique de flottation de la chalcopyrite en supposant que le modèle utilisé pour représenter la flottation de ce minéral soit :

$$R_{Cu}(t) = R_{Cu}(\infty)(1 - \exp(-k_{Cu}t)$$

Où $R_{Cu}(t)$ est le rendement cuivre après t minutes de flottation, $R_{Cu}(\infty)$ le rendement cuivre infini et k_{Cu} la constante cinétique de flottation de la chalcopyrite (5 pts).

Question 5. Circuit de broyage (25 points)

On a échantillonné le circuit de broyage montré à la figure 1. Les points d'échantillonnage sont montrés par des cercles sur le circuit et les mesures sont données au tableau 2. Les concentrations de solides sont données en poids. Le broyeur à barres est alimenté avec 120 t/h de minerai. Calculez :

1. Le débit de solide qui traverse le broyeur à boulets (5 pts);
2. Les débits d'eau ajoutée à la pompe et à l'alimentation du broyeur à boulets (5 pts);
3. Le % solides de l'alimentation de l'hydrocyclone et la proportion d'eau de l'alimentation de l'hydrocyclone qui va à la souverse ou Rf. Commenter la valeur du Rf : Est-ce bon, mauvais ou à surveiller? Pourquoi? Quelle variable opératoire (apex, vortex, pression ou autre…) affecte le plus le Rf? (5 pts);
4. Les valeurs de la courbe de partage de l'hydrocyclone (5 pts);
5. L'indice de Bond opérationnel ('Bond Operating Work Index') du broyeur à boulets si la puissance tirée par le moteur est de 900 kW (5 pts).

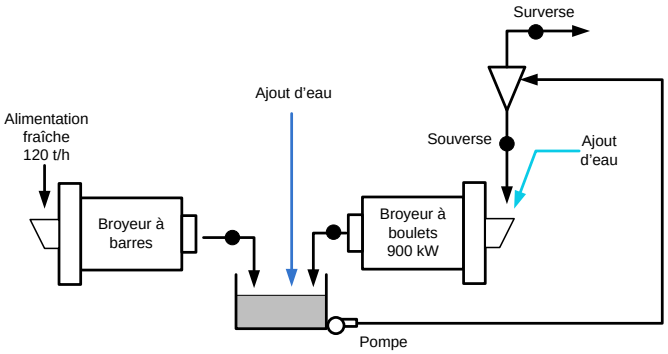

Figure 1. Circuit de broyage.

Tableau 2. Données d'échantillonnage du circuit de broyage de la figure 1.

Mailles des tamis		Dimension des tamis		% retenus et % solides			
Sup.	Inf.	(mm)		Décharge broy. Barres	Décharge broy. Boulets	Souverse hydrocyclone	Surverse hydrocyclone
			% solides	*72,50*	*65,30*	*67,50*	*46,96*
	65		0,212	14,56	5,21	14,20	1,08
65	100	0,212	0,150	32,12	11,20	29,33	4,92
100	150	0,150	0,106	25,42	19,43	29,11	10,90
150	200	0,106	0,075	15,23	29,54	23,55	24,22
200	270	0,075	0,053	5,34	19,23	3,17	29,43
270	Plat	0,053	0,000	7,33	15,39	0,64	29,45