ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION NOVEMBRE 2019

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

14-MI-A3 Minéralurgie

L'examen comporte 5 pages incluant celle-ci. Assurez-vous d'avoir le texte complet de l'examen avant de commencer. L'examen est divisé en 2 parties. La partie A compte pour **40 points** et fait appel à un peu de calculs, alors que la partie B, qui compte pour **60 points**, demande plus de calculs.

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	Chlore a : 35.4	Or : 197	Silicium: 28.1
Antimoine : 121.8	Cuivre : 63.5	Oxygène : 16	Soufre : 32
Argent : 107.9	Fer : 55.8	Potassium : 39.1	Zinc : 65.4
Arsenic : 74.9	Magnésium : 24.3	Phosphore :30.9	
Calcium :40.1	Manganèse : 54.9	Plomb : 207	
Carbone : 12			

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

PARTIE A (40%)

Questions avec discussion et un peu de calculs

Question A.1 (5 pts):

Divers :

a) Quelle est la différence entre une teneur et un rendement (récupération)?
b) Quelle est la différence entre une cellule de flottation et une colonne de flottation?
c) Discuter des avantages et désavantages de la classification industrielle par tamisage et par hydrocyclone;
d) Dans quel procédé de traitement du minerai utilise-t-on le xanthate?
e) Quelle est la différence entre un minéral et un minerai? Donner un exemple.

Question A.2 (2 pts):

Un minerai titre 8 g d'or par tonne métrique de roche. Calculez la teneur en once troy d'or par tonne courte?

Question A.3 (2 pts):

Nommez deux équipements utilisés pour la séparation gravimétrique des minéraux de valeur de la gangue dans un minerai. Indiquez si les équipements utilisent la force centripète pour la séparation.

Question A.4 (2 pts)

***** Répondre vrai ou faux:**

a) La concentration des oxydes de fer est effectuée principalement par flottation;
b) L'apex d'un hydrocyclone est la buse de surverse;
c) La concentration de la pulpe à l'alimentation d'un broyeur à boulets est habituellement inférieure à 45% solides en poids;
d) Le sulfate de cuivre est un activant pour la flottation de la sphalérite;
e) Le sulfate de zinc est utilisé en flottation pour éviter l'activation de la sphalérite.

Question A.6 (5 pts):

Un minerai est composé de 5.0% galène (densité 7.6 g/cm^3), 15% sphalérite (densité 4.2 g/cm^3) et de 80% de minéraux de carbonates (densité 3.0 g/cm^3). Quel volume d'eau (litres) doit être ajouté à 1 kg de ce minerai pour avoir une pulpe <u>de 30% solides en volume</u>. Il n'y a pas de minéraux qui passent en solution.

Question A.7 (1 pt)

A quoi sert un floculant? Où est-il utilisé?

Question A.8 (3 pts):

Pour quel procédé de traitement du minerai utilise-t-on un moussant et un collecteur? À quoi servent ces produits?

Question A.9 (1 pt):
À quel élément ou minéral peut-on associer le terme 'kimberlite'?

Question A.10 (5 pts):
L'argent et l'antimoine dans un minerai sont contenus uniquement dans la tétrahédrite ($Cu_3Ag_2Fe_7Sb_4S_{13}$). Si le minerai contient 1.7% Sb, calculer la teneur en argent, en onces troy par tonne courte de minerai.

Question A.11 (6 pts):
Un concentrateur traite quotidiennement 90 000 t d'un minerai de fer <u>ne contenant que</u> de l'hématite (Fe_2O_3) et du quartz (SIO_2). L'usine produit un concentré d'hématite contenant 4.3% SiO_2; le reste étant de l'hématite. La teneur de l'alimentation est 36%Fe et 48.6% SiO_2. Les rejets de l'usine titrent 88.1%SiO_2. Calculer:

- Le rendement fer (récupération de fer) si les rejets de l'usine contiennent 8.3% Fe;
- La teneur en fer du concentré d'oxyde de fer.

Question A.12 (2 pts):
On dispose de minerai d'un gisement A titrant 8.2%Pb et de minerai d'un gisement B de 3.2% Pb. Quelles masses (kg) de minerai de A et B doit-on mélanger pour avoir 10 kg d'un mélange avec 5%Pb?

Question A.13 (2 pts)
Calculer la concentration de P_2O_5 dans l'apatite ($Ca_5(PO_4)_3Cl$.

Question A.14 (1 pt):
Quelle est l'utilité de l'équation de Gy?

Question A.15 (2 pts):
Pourquoi dans certains cas, un tamisage humide est-il préférable à un tamisage à sec pour mesurer la distribution granulométrique d'un solide particulaire?

Question A.16 (1 pt):
Quelle capacité (en USGPM) de pompe est requise pour pomper 150 m^3/h de pulpe?

PARTIE B (60%)

Questions avec développement mathématique

Question B.1 (10 pts)

Les masses retenues sur les tamis suite au tamisage d'un minerai sont données au tableau 1. Le minerai passant le tamis de 400 mailles (mesh), soit 100 g, a été divisé et 30 grammes de -400 mesh ont été tamisés sur les tamis de 500 et 635 mailles. Les masses retenues sur les tamis 500 et 635 mailles sont respectivement de 6 et 14 grammes.

- Calculez les fractions retenues dans les classes granulométriques identifiées au tableau 2 (5 pts);
- Estimez approximativement le D_{80} (µm) du minerai (5 pts).

Tableau 1. Données pour le problème B.1.

Tamis			
Supérieur (mesh)	Inférieur (mesh)	Dimension (um)	Masse retenue (g)
	100	150	30
100	150	106	70
150	200	75	140
200	270	53	110
270	400	37	50
	Plat		100
	500	28	
	635	20	

Tableau 2. Tableau à compléter.

Tamis (mailles)		
Supérieur	Inférieur	% retenu
	100	
100	150	
150	200	
200	270	
270	400	
400	500	
500	635	
	-635	

Question B.2 (10 pts):

Un broyeur est alimenté par 3 flux de matière :

- Du minerai frais humide est ajouté à un débit de 330 t/h (mesuré par une balance). L'humidité du minerai est 5% en poids. La balance mesure un tonnage humide;
- De l'eau est ajoutée à raison de 6535 litres/min au broyeur;
- Et par la souverse d'un hydrocyclone qui contient une pulpe à 62% poids de solides.

La concentration de solides à la décharge du broyeur est de 55.3% poids. La masse volumique de l'eau est 1.0 g/cm^3. Faites un schéma du broyeur avec ses entrées et sa sortie. Calculez le débit de <u>solide sec</u> (t/h) dans la souverse de l'hydrocyclone.

Question B.3 (15 pts)

Un concentrateur traite un minerai contenant 9.5% de zinc sous la forme de sphalérite (ZnS). Le concentré de zinc produit par l'usine titre 54.1% zinc et les rejets contiennent 0.44% Zn:

- Calculez le rendement zinc (%) du circuit (5 pts);
- Calculez la valeur (Can$) de 1 tonne de concentré de zinc si le contrat avec la fonderie utilise un déductible de 2.0% pour le zinc et des frais de fonderie de 375 $Can par tonne de concentré. Utilisez un prix du zinc de 0.95US$/lb et un taux de change de 0.95$US/$Can (5 pts);

- Dans ces conditions quelle est la valeur d'une tonne de minerai d'alimentation du circuit de flottation (5 pts).

Question B.4 (15 pts)

Une cuve de cyanuration de 600 m^3 est alimentée avec 125 t/h de pulpe. La pulpe contient 50% p/p (concentration en poids) d'un minerai ayant une masse volumique de 3.0 g/cm^3.

- Quel est le temps de séjour moyen (heures) de la pulpe dans la cuve (10 pts)?
- Si le minerai contient 6 g/t d'or et que 85% de l'or est dissout dans la cuve, calculez la teneur en or (en g/t) de la solution aqueuse qui décharge de la cuve de cyanuration (5 pts).

Question B.5 (10 pts)

Les flux d'alimentation, de souverse et de surverse d'un hydrocyclone ont été échantillonnés pour déterminer les concentrations de solides (% solides) de la pulpe et les distributions granulométriques du solide. Ces données sont fournies au tableau 3.

- Déterminer les proportions de solide et d'eau de l'alimentation qui vont à la souverse (5 pts);
- Déterminer approximativement (à ±10 µm) le d_{50} (µm) de l'hydrocyclone, i.e. la dimension pour laquelle 50% des particules de l'alimentation sont envoyées à la souverse (5 pts).

Table 3. Données pour le problème B-5.

		% retenu		
Tamis (mesh)	**Dimension (um)**	**Alimentation hydrocyclone**	**Surverse hydrocyclone**	**Souverse hydrocyclone**
	% solide	**32,9**	**20,2**	**49,73**
100-150	**106-150**	**12,00**	**0,80**	**18,03**
150-200	**76-106**	**18,00**	**6,30**	**24,30**
200-270	**53-76**	**23,00**	**13,70**	**28,01**
270-400	**38-53**	**30,00**	**35,50**	**27,04**
<400	**0-38**	**17,00**	**43,70**	**2,62**