**ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC**

**SESSION DE MAI 2015**

| |
|---|
| Toute documentation permise<br>Calculatrices : modèles autorisés seulement<br>Durée de l'examen : 3 heures |

# 14-MI-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 |

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

**Question 1 : Traitement des minerais de zinc (35 points)**

a. Quel est le principal minéral de sulfure exploité pour le zinc? Donnez la composition de ce minéral? Quelle est la concentration de zinc dans ce minéral? (5 pts).

b. La flottation de ce minéral nécessite l'utilisation d'un activant. Quel est cet activant et de quelle façon peut-il activer le sulfure de zinc? (5 pts).

c. Des essais de flottation semi-continue (en laboratoire) ont été réalisés pour évaluer un minerai de zinc. 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, l'activant est ajouté suivi du collecteur. Après conditionnement de la pulpe, de 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 | 42,30 | 0,50 | 45,20 | 29,25 |
| 0,5 | 39,40 | 0,35 | 41,70 | 29,09 |
| 1,0 | 35,20 | 0,23 | 36,30 | 28,85 |
| 1,0 | 29,40 | 0,15 | 32,60 | 28,54 |
| 2,0 | 37,30 | 0,09 | 24,80 | 28,22 |
| 2,0 | 19,40 | 0,07 | 21,60 | 28,06 |
| Rejet | 797,00 | 0,05 | 0,95 | 19,35 |

On vous demande :

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

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

Où $R_{Zn}(t)$ est le rendement zinc après t minutes de flottation, $R_{Zn}(\infty)$ le rendement zinc infini et $k_{Zn}$ la constante cinétique de flottation du minéral de zinc (5 pts).

**Question 2 : Traitement des minerais de bauxite (25 points)**

La bauxite est le principal minerai exploité pour produire l'alumine, qui sert à la production de l'aluminium.

a. Le traitement des minerais de bauxite produit de la boue rouge. Quel est le principal constituant de la boue rouge? (5 pts)
b. Quel réactif est utilisé pour l'extraction de l'alumine de la bauxite? Quel procédé est utilisé pour extraire l'alumine – donnez le nom du procédé ou décrivez-le brièvement-? (5 pts)
c. Un minerai de bauxite est composé de 75% $Al_2O_3.3H_2O$, 6% $SiO_2$, 18% $Fe_2O_3$, 1%$TiO_2$. Le traitement de cette bauxite donne une alumine d'une pureté de 99.5% $Al_2O_3$, 0.2%$SiO_2$, 0.1 $Fe_2O_3$ et 0.2%$Na_2O$. La teneur en aluminium des rejets est 5.9% Al. Quelle masse d'alumine ($Al_2O_3$) est extraite suite au traitement de 100 tonnes de cette bauxite? (5 pts) Quel est le rendement Al du procédé? (10 pts)

**Question 3 : Traitement d'un minerai d'or (20 points)**

a. Un minerai titre 8 g d'or par tonne métrique de roche. Calculez la teneur en once troy d'or par tonne courte. (5 pts).
b. Faites un schéma simplifié d'un circuit de traitement d'un minerai d'or qui inclut un circuit de séparation par gravité et un circuit de cyanuration de type CIL (5 pts).
c. Le traitement du charbon chargé d'or est effectué dans une colonne de lixiviation (procédé Zadra). Une tonne de charbon titrant 1850 g d'or/tonne de charbon est chargé dans la colonne pour être traité avec 2200 litres d'une solution de cyanure et de soude caustique. Après le traitement, la teneur en or du charbon est de 135 g d'or/tonne de charbon. Quelle est la teneur (g/litre) en or de la solution qui a récupéré l'or élué du charbon (10 pts)? Supposez que la masse volumique de la solution ne change pas pendant l'élution de l'or du charbon.

**Question 4 : Préparation d'échantillons et tamisage (20 points)**

Lors d'une campagne d'échantillonnage, on a prélevé un échantillon de pulpe (mélange de minerai et d'eau). L'échantillon a été préparé pour mesurer les caractéristiques de la pulpe, la distribution granulométrique du solide et la teneur en or du solide dans les classes granulométriques.

a. Calculer :
    i. La concentration de solides de la pulpe si le poids de l'échantillon de pulpe dans la chaudière est de 1250 g, le poids de la chaudière est de 245 g et le poids du solide sec est de 550 g (1 pt);
    ii. La masse volumique de la pulpe si la masse volumique du minerai sec est de 3.2 g/cm3 (2 pts);
    iii. La capacité d'une pompe (USGPM) qui devrait pomper par heure 100 tonnes de minerai dans cette pulpe (2 pts).
b. Les résultats du tamisage d'un échantillon du minerai sont donnés au tableau 2. Calculez le $D_{80}$ du minerai (5 pts).

Tableau 2. Résultats d'un tamisage.

| Dimension (mm) | | Masse | Teneur |
|---|---|---|---|
| Supérieure | Inférieure | retenue (g) | or (ppm) |
| 1,200 | 0,849 | 3,2 | 4,3 |
| 0,849 | 0,600 | 7,3 | 3,2 |
| 0,600 | 0,424 | 12,5 | 2,7 |
| 0,424 | 0,300 | 35,2 | 1,9 |
| 0,300 | 0,212 | 29,5 | 2,1 |
| 0,212 | 0,150 | 21,2 | 1,5 |
| 0,150 | 0,106 | 13,2 | 1,2 |
| 0,106 | 0,000 | 8,9 | 0,9 |

c. En utilisant les teneurs en or données au tableau 2, calculez :
   i. La teneur en or du minerai (5 pts);
   ii. Le $D_{80}$ de l'or dans le minerai (5 pts).