

GLQ3401-3651
12h45 à 14h45

Géostatistique et géologie minière
Examen intra

5 oct. 2012

L'examen comporte 8 questions totalisant 100 points. Les points sont répartis de la façon suivante : (1-10, 2-12, 3-15, 4-20, 5-15, 6-10, 7-10, 8-8).

Toute documentation permise et calculatrices permises.

Vous répondez directement sur le formulaire.

Le professeur ne répond pas aux questions

Utilisez le verso si vous manquez d'espace. Écrivez lisiblement.

Nom de l'étudiant : _____

Signature : _____ **Matricule :** _____

Question 1 (10 points)

Le tableau suivant présente les surfaces et les teneurs pour 2 sections parallèles espacées de 30 m dans un gisement de Zn. La masse volumique du minerai est de 3 t/m³ et elle ne varie pas avec la teneur.

Section	Aire	Teneur
S1	500 m ²	5%
S2	900 m ²	2%

Sur les sections, les zones minéralisées apparaissent approximativement comme des cercles et l'on suppose qu'entre les sections les zones minéralisées sont aussi des cercles dont les rayons varient linéairement entre les deux sections. On suppose aussi que la teneur varie linéairement entre les sections

- Quelle méthode d'estimation vous semble la plus appropriée compte-tenu de la description précédente?*
- Appliquant la méthode trouvée en a), calculez le tonnage de métal compris entre les 2 sections.*

Question 2 (12 points)

Sélectionnez (en marquant la colonne appropriée) une seule des expressions « augmente », « diminue » ou « demeure inchangée » pour chacun des énoncés. (bonne réponse : 1.5 points, absence de réponse : 0 point, mauvaise réponse : -0.5 point). Pour chaque question considérez uniquement la variation initiale correspondant à l'action proposée.

	Énoncé	augmente	diminue	demeure inchangée
a)	Si l'on augmente la capacité du concentrateur, la teneur d'équilibre mine-concentrateur...			
b)	Si l'on augmente la capacité de la mine, la teneur limite de la mine...			
c)	Si l'on augmente la capacité de la mine lorsque la teneur de coupure optimale est la teneur d'équilibre mine-concentrateur, alors la teneur de coupure optimale ...			
d)	Si l'on augmente la capacité du concentrateur lorsque la teneur de coupure optimale est la teneur d'équilibre mine-concentrateur, alors la teneur de coupure optimale ...			
e)	Suite à l'imposition d'une nouvelle redevance minière sur la quantité de métal extraite, la teneur de coupure d'équilibre mine-concentrateur...			
f)	Suite à l'imposition d'une nouvelle redevance minière sur la quantité de minerai extrait, la teneur de coupure limite du concentrateur...			
g)	Suite à l'imposition d'une nouvelle redevance minière sur la quantité de minerai extrait, la teneur de coupure limite de la mine ...			
h)	Suite à l'imposition d'une nouvelle redevance minière sur la quantité de minerai extrait, la teneur de coupure optimale ... lorsqu'elle correspond à la teneur d'équilibre mine-concentrateur.			

Question 3 (15 points)

Un forage de 500 m dont le collet est en (0, 0, 0) a une direction de 250° (azimut) et une inclinaison de 50°; le forage ne dévie pas. On utilise un système main droite (x croissant vers l'est, y vers le nord, z vers le haut)

- Calculez la coordonnée « x » du forage en fin de trou.
- Quelle est l'inclinaison apparente du forage sur une section verticale Est-Ouest.
- Le forage croise une veine sur 2 m de longueur. On note un JO (angle entre le grand axe de l'ellipse et l'axe du forage) de 40° pour cette veine. Quelle est l'épaisseur vraie de la veine?

Question 4 (20 points)

Répondez par vrai ou faux (2 points/bonne réponse; -1/mauvaise réponse; 0 si pas de réponse).

	Énoncé	V ou F
a)	<i>Avec la loi des mines actuelle, l'exploitant minier doit déposer en garantie 100% des coûts de restauration du site minier au cours des trois premières années d'exploitation.</i>	
b)	<i>Avec 3 forages parallèles croisant un même horizon marqueur on peut, par stéréonet, identifier un seul grand axe de l'ellipse, puis déterminer le pôle du plan.</i>	
c)	<i>Selon la loi des mines actuelle, le ministre peut demander l'expropriation d'un propriétaire de surface pour permettre l'exploitation d'un gisement.</i>	
d)	<i>Le coût des travaux d'exploration à effectuer sur un claim diminue avec le temps pour inciter les compagnies d'exploration à conserver plus longtemps leurs claims.</i>	
e)	<i>En considérant la valeur en \$, les principales productions minérales en 2011 au Québec sont dans l'ordre croissant: l'or, le nickel, et le fer.</i>	
f)	<i>L'impôt sur le profit n'a jamais d'impact sur la détermination de la teneur de coupure optimale d'une mine.</i>	
g)	<i>Un taux de récupération des carottes de 80% est une cible acceptable pour une compagnie d'exploration.</i>	
h)	<i>En <u>dollars constants</u>, la tendance observée pour la période 1970-2000 est une diminution des prix des métaux de base (cuivre, zinc, aluminium, fer).</i>	
i)	<i>En terrain non arpenté, la superficie du claim obtenu par désignation sur cartes varie selon la latitude au Québec.</i>	
j)	<i>Une cause importante de l'augmentation des réserves de métaux de base observée dans le monde au cours du dernier siècle est la diminution des teneurs de coupure liée aux modes d'exploitation minière favorisant des opérations à fort tonnage.</i>	

Question 5 (15 points)

Dans un gisement de nickel, on analyse les teneurs des demi-carottes de 3 m par la procédure échantillonnale décrite au tableau suivant. Le Ni se retrouve dans le minéral pentlandite dont la formule stoechiométrique est $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, et la densité 4.8. On a 41% de Ni approximativement dans chaque molécule de pentlandite. La densité de la gangue est 3, la masse initiale de la demi-carotte est 5 kg. La taille de libération des grains de pentlandite est de 1mm. On cherche à avoir une bonne précision à l'analyse ($s_r \text{ global} < 0.05$) pour une carotte ayant 1% de Ni.

Étape	masse (g)	Taille	Écart-type relatif
Broyage	5000 g	0.8 cm	?
Sous-échantillon	3000 g	0.8 cm	?
2 ^e broyage	3000 g	0.2 cm	?
Sous-échantillon	200 g	0.2 cm	0.025
Pulvérisation	200g	0.008 cm	?
Sous-échantillon	15g	0.008 cm	0.0009

- a) Quelle est la précision globale de la procédure utilisée?
- b) Selon la théorie de Gy, à teneur, densités, diamètre des grains et masse d'échantillon constants, est-il préférable que le minéral d'intérêt soit entièrement libéré ou non?

Question 6 (10 points)

Une mine de Cu de 100 Mt (tonnes minéralisées) exploitée dans un skarn présente les paramètres suivants :

Taux de récupération $y=0.95$;

Prix du métal $p=1500\$/t$ Cu;

Coût de mise en marché $k=200\$/t$ Cu;

Coûts de minage $m=3\$/t$ minéralisée

Coûts de traitement : $h=6\$/t$ minerai

Coûts fixes $f=50$ M\$/an

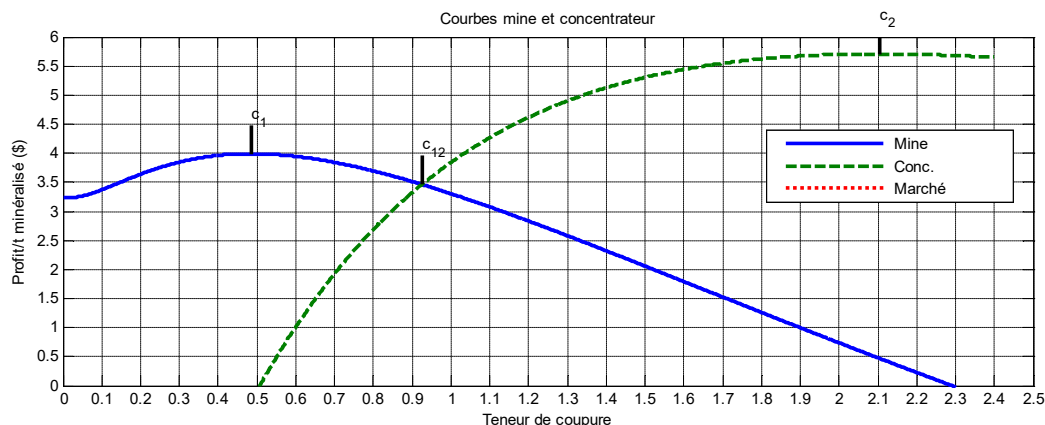
Coût d'opportunité $F=0\$/an$

Capacité de minage $M=5$ Mt minéralisée/an;

Capacité de traitement $H=2.5$ Mt minerai/an;

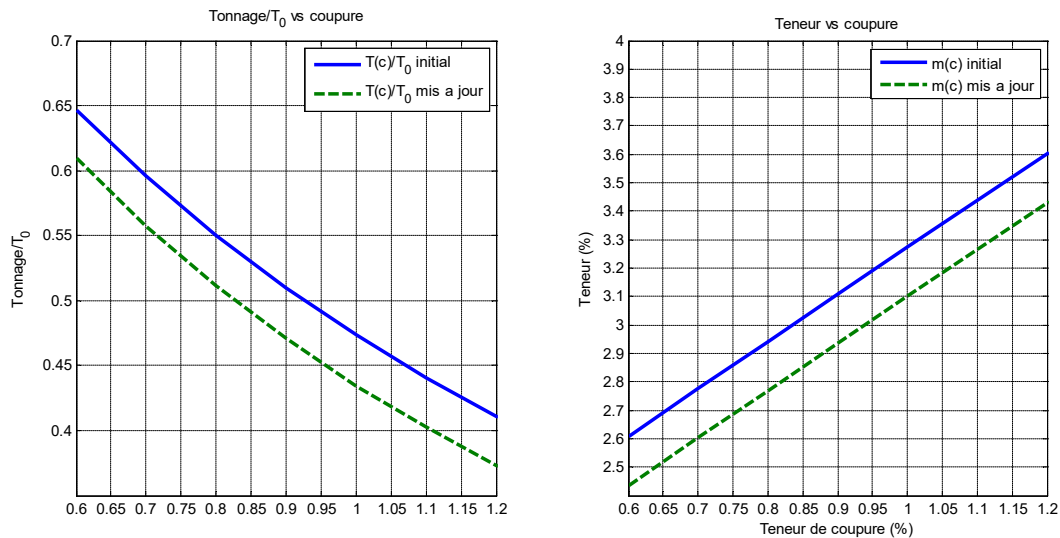
Capacité du marché (fonderie) $K=0.2$ Mt Cu/an;

La figure suivante montre les courbes de profit par tonne minéralisée calculées avec ces paramètres. On suppose qu'un excellent estimateur (très précis et sans biais conditionnel) est disponible. On suppose de plus que le minerai qui a été délaissé initialement est disponible pour le futur.



- a) Quelle est la teneur de coupure optimale? De quel type de teneur de coupure s'agit-il?
- b) Quelle serait la durée de vie de la mine selon les paramètres actuels de l'exploitation.

Après 5 ans d'exploitation, on met à jour la distribution des teneurs en tenant compte du minerai déjà extrait. L'on trouve une moyenne de 1.61% (initialement 1.8%) et une variance de $7.17\%^2$ (initialement $9\%^2$). Toujours sous hypothèse lognormale, l'on obtient les fonctions de récupération suivantes :



- c) Avec cette nouvelle distribution, quelle sera la nouvelle teneur de coupure optimale et quel profit, par tonne minéralisé, la mine peut-elle espérer ? (Note : la nouvelle teneur de coupure optimale est ici du même type que dans la question a).

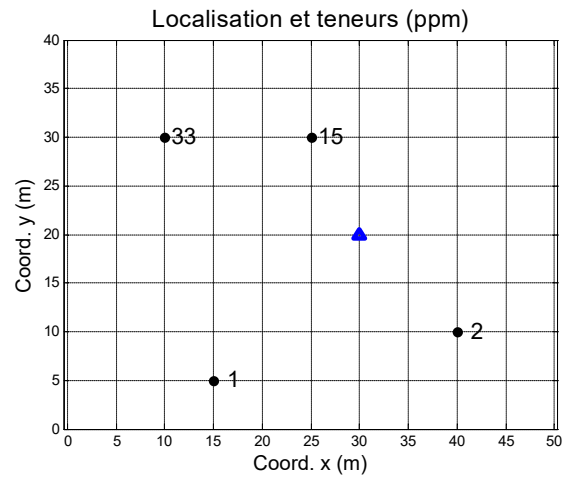
Question 7 (10 points)

Une roche contient de la chalcopirite (CuFeS_2 : 35% Cu, 30% Fe, 35% S; densité de 4.1), de la chalcocite (Cu_2S : 50% Cu, 50% S; densité de 5.6), de la bornite (Cu_5FeS_4 ; 63% Cu, 11% Fe, 26% S; densité de 5.1), et de la galène (PbS ; 86.6% Pb, 13.4% S; densité de 7.5). La gangue contient 5% Fe et 2% S et une densité de 2.7. L'analyse chimique a donné 15% Cu, 10% Fe, 4% Pb, 16% S.

Écrivez sous forme matricielle le système d'équations linéaires permettant de calculer les % poids des différents minéraux sulfures et de la gangue sachant l'analyse chimique; indiquez toutes les valeurs connues par l'énoncé. Bien identifier les lignes et les colonnes de votre matrice. N'oubliez pas l'équation de fermeture. **Ne pas résoudre**

Question 8 (8 points)

Un gisement 2D d'or montre la disposition suivante des données (l'épaisseur est constante).



- a) Estimez la teneur au point (30,20) par inverse de la distance au carré avec une distance de recherche de 50m.
- b) Avec une triangulation de Delaunay, devrait-on former le triangle (1-2-15) ou (1-2-33) ? Justifiez.

Corrigé du C.P. 1:

1- a) (4 points) Cône tronqué avec variation linéaire de la teneur entre les sections.

b) (6 points) on calcule la teneur moyenne, le volume entre les sections puis le tonnage de métal :

$$t_{\text{moy}} = 3.36\%$$

$$\text{vol} = 20708 \text{ m}^3$$

$$\text{tonnage metal} = \text{vol} \cdot 3 \text{ t/m}^3 \cdot t_{\text{moy}} = 2087.4 \text{ t}$$

2- a) diminue

b) inchangée

c) augmente

d) diminue

e) inchangée

f) augmente

g) augmente

h) inchangée

3- 5 points par sous-question

a) $dx = \cos(20)\cos(50) \cdot 500 = 302 \text{ m}$

$x = -302 \text{ m}$

b) $\text{atan}(\sin(50) \cdot 500 / 302) = 51.75^\circ$

c) $e_v = \sin(40) \cdot 2 \text{ m} = 1.29 \text{ m}$

4- dans l'ordre F F V F F V F V V V

5- a) (12 points).

Il faut calculer s_r^2 pour le 1^{er} sous-échantillon :

$$a_L = 1\% / 41\% = 0.0244$$

$$\text{facteur } l = (1/8)^{0.5} = 0.35$$

$$\mu\text{-delta} = 190.17 \Rightarrow K = 23.8$$

$$s_r^2 = 23.8 \cdot 0.35 \cdot 0.8^3 / 3000 \cdot (1 - 3000 / 5000) = 0.00057$$

$$s_{r,\text{global}} = (0.00057 + 0.025^2 + 0.0009^2)^{0.5} = 0.035 \text{ (donc précision acceptable)}$$

b) (3 points) La non-libération est préférable tout le reste étant égal.

6- a) (2 points) $c_{12} = \sim 0.92$ c'est la t.c. d'équilibre mine-concentrateur

b) (2 points) durée de vie : $100\text{Mt} / 5\text{Mt/an} = 20 \text{ ans}$

c) (6 points) $x_c = H/M = 0.5. \Rightarrow \text{t.c.} = \sim 0.83 \Rightarrow g_c = \sim 2.82$

$$v = 1300 \cdot 0.5 \cdot 0.95 \cdot 0.0282 - 3 \cdot 0.5 \cdot 6 - 50\text{M}\$/5\text{Mt} = \sim 1.41\$/\text{t. minéralisée}$$

$$7- \begin{bmatrix} 0.35 & 0.50 & 0.63 & 0 & 0 \\ 0.30 & 0 & 0.11 & 0 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0 & 0.866 & 0 \\ 0.35 & 0.50 & 0.26 & 0.134 & 0.02 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{chalcopyr} \\ x_{chalcocite} \\ x_{bornite} \\ x_{galene} \\ x_{gangue} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .15 \\ .10 \\ .04 \\ .16 \\ 1 \end{bmatrix}$$

8 a) (5 points) les distances au carré sont : 125, 200, 450 et 500. La somme des inverses des distances au carré est 0.017222. Les poids sont : 0.465, 0.29, 0.129, 0.116. La valeur estimée est : $0.465*15+0.29*2+0.129*1+0.116*33 = 11.51$ ppm

b) (3 points) 1-2-15, le cercle circonscrit par ces 3 points ne renferme aucun autre point, ce qui n'est pas le cas pour l'autre triangle proposé.