

	disponible) lorsque l'on cible une zone plus restreinte.		
--	--	--	--

GLQ3401-3651
13h45 à 16h15

Géostatistique et géologie minière
Contrôle périodique 1

3 oct. 2013

L'examen comporte 7 questions, sur 10 pages, totalisant 100 points. Les points sont répartis de la façon suivante :

(1-14, 2-15, 3-16, 4-15, 5-15, 6-15, 7-10).

Deux feuilles de documentation recto-verso permises.

Toutes les calculatrices sont permises.

Vous répondez directement sur le formulaire.

Le professeur ne répond pas aux questions durant l'examen. Si vous trouvez une question moins claire, indiquez votre interprétation.

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

Vous devez déposer vos téléphones à l'avant de la classe.

Nom de l'étudiant : _____

Signature : _____ **Matricule :** _____

Question 1 (14 points)

Dans les procédures de contrôle de qualité des laboratoires d'analyses géochimiques, on retrouve des « blancs », des « standards », et des « duplicatas ».

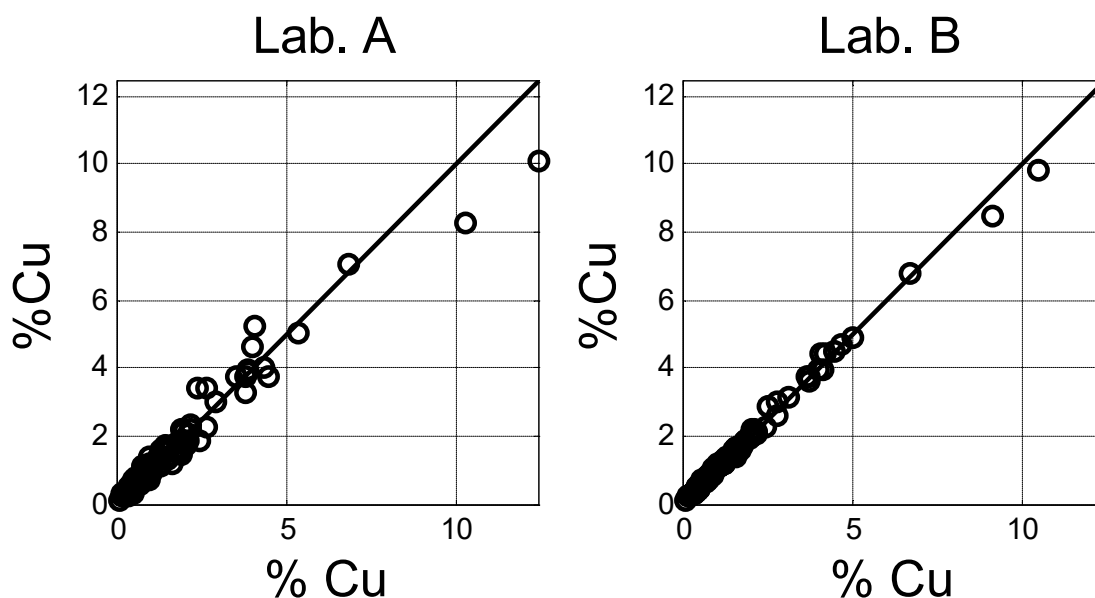
6 pts a) *Décrivez brièvement à quoi correspondent ces trois termes et indiquer ce que chacun tente de contrôler.*

Question 1 (suite)

Le laboratoire reçoit la demi-carotte et en broie une certaine quantité en plusieurs étapes jusqu'au stade de poudre. Il retourne à la mine les rejets obtenus à toutes les étapes de la préparation de l'échantillon.

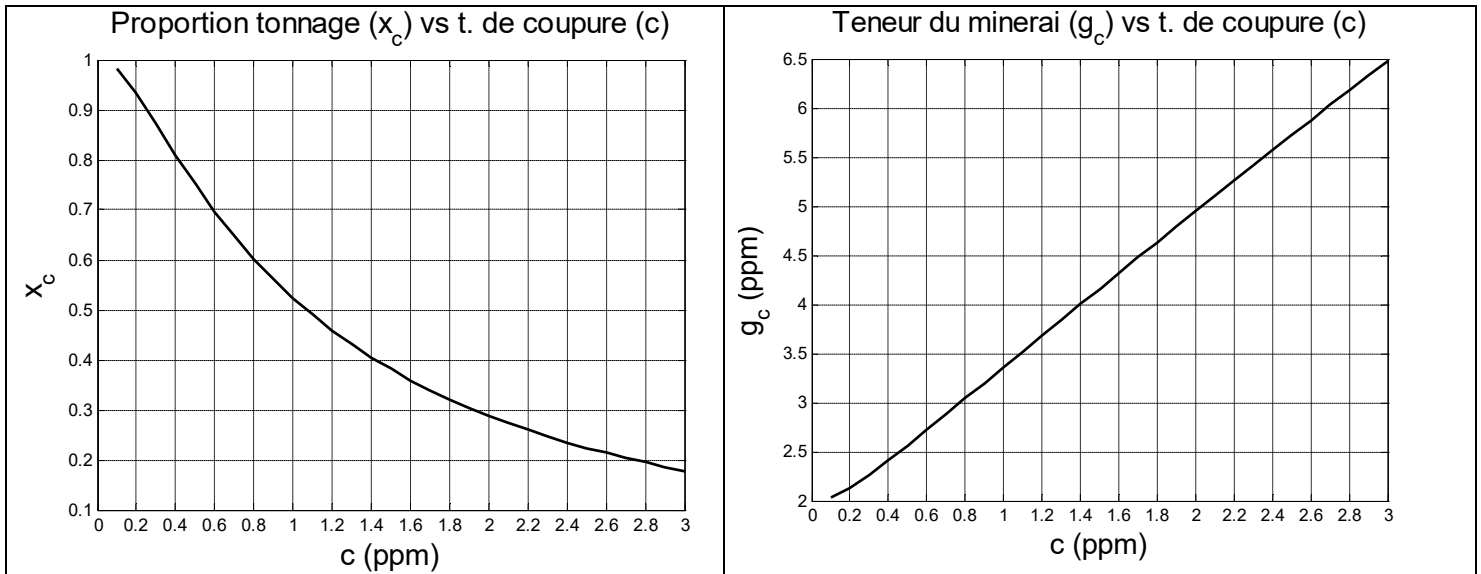
4 pts b) Dans une procédure de contrôle de qualité quel inconvénient y a-t-il à préparer les duplicatas à partir des poudres fournies par le laboratoire plutôt que des grains les plus grossiers obtenus au 1er broyage?

4 pts c) La figure suivante montre les résultats d'analyses de Cu obtenues par deux laboratoires différents sur deux séries de duplicatas. À coût égal, quel laboratoire favorisez-vous? Justifiez.



Question 2 (15 points)

Dans un gisement d'or, l'on suppose que le marché n'intervient pas dans la détermination de la teneur de coupure optimale. De plus, on vous indique que la capacité de la mine est de $M=20$ Mt et la capacité de traitement du minerai est de $H=12$ Mt. Les fonctions de récupération proportion tonnage (x_c) et teneur du minerai (g_c) sont données :



Le tableau suivant indique les teneurs de coupure limites de la mine et du traitement (en ppm) pour 3 scénarios différents où seuls les prix et les coûts ont varié:

	Teneur de coupure limite de la mine (c_1) (ppm)	Teneur de coupure limite du traitement (c_2) (ppm)
Cas 1	0.42	0.60
Cas 2	1.05	1.49
Cas 3	0.56	0.85

9 pts a) Indiquez la teneur de coupure optimale pour chacun des cas.

Cas	T.c. optimale (ppm)
Cas 1	
Cas 2	
Cas 3	

Question 2 (suite)

6 pts b) Indiquez qualitativement, pour chacun des cas du tableau précédent, l'effet sur la teneur de coupure optimale de l'introduction d'une (légère) taxe applicable au minerai extrait.

Question 3 (16 points)

Un forage de 200 m dont le collet est en (0, 0, 0) a une direction de 20° (azimut) et une inclinaison de 60° ; le forage ne dévie pas. On utilise un système main droite (x croissant vers l'est, y vers le nord, z vers le haut)

4 pts a) Calculez la coordonnée « y » du forage en fin de trou.

4 pts b) Quelle est l'inclinaison apparente du forage sur une section verticale Nord-Sud?

Question 3 (suite)

4 pts c) Le forage croise une veine sur 1 m de longueur. On note un JO (angle entre le grand axe de l'ellipse et l'axe du forage) de 30° pour cette veine. Quelle est l'épaisseur vraie de la veine?

4 pts d) On a effectué des analyses pour le Cu le long du forage (voir tableau). Calculez la teneur du composite de 3m débutant à 100 m du collet.

De (m)	à (m)	% Cu
98.3	99.7	1.6
99.7	100.2	1.2
100.2	102.2	2.4
102.2	103.6	4.1
103.6	104.5	1.1

Question 4 (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 donc 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 2 mm. On cherche à avoir une bonne précision à l'analyse ($s_{\text{r global}} < 0.02$) pour une carotte ayant 0.5 % de Ni.

	Étape	masse (g)	Taille	Écart-type relatif
A	Broyage	5000 g	2 cm	?
B	Sous-échantillon	3000 g	2 cm	?
C	2 ^e broyage	3000 g	0.1 cm	?
D	Sous-échantillon	300 g	0.1 cm	0.0120
E	Pulvérisation	300g	0.008 cm	?
F	Sous-échantillon	15g	0.008 cm	0.0013

12 pts a) Quelle est la précision globale de la procédure utilisée?

3 pts b) Avez-vous une suggestion pour améliorer la procédure ?

Question 5 (15 points)

Un gisement est exploité pour de baryum (Ba) contenu dans la barite (BaSO_4 , densité 4.5, poids atomique du Ba : 137.36; du S : 32.07; de O : 16.00).

Quelle est la masse volumique théorique du minerai si celui-ci montre une teneur de 20% Ba, que la gangue a une densité de 2.8 et que la roche montre une porosité de 3% ?

Question 6 (15 points)

Indiquez si les énoncés suivant sont vrais ou faux (1 point par bonne réponse, -0.5 pour une mauvaise réponse et 0 pour une absence de réponse).

	Vrai	Faux
a) Les principales productions minérales (en \$) au Québec sont l'or (1er) suivi du fer (2e).		
b) Selon la version actuelle de la loi des mines, on peut théoriquement exploiter un gisement sur un terrain dont la propriété foncière (droits de surface) appartient à un tiers.		
c) La superficie normale (en hectares) du claim désigné sur carte est la même partout au Québec.		
d) La valeur 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.		
e) Pour plusieurs gisements, un graphe de la teneur du minerai sélectionné en fonction de la teneur de coupure apparaît approximativement comme une droite dont la pente et l'ordonnée à l'origine sont propres au gisement considéré.		
f) Les taxes sur les profits imposées aux compagnies minières n'influencent pas la détermination de la teneur de coupure optimale		
g) La superficie totale des claims détenus actuellement au Québec représente moins de 10% de la superficie du Québec.		
h) La méthode polygonale permet d'estimer avec précision et sans biais le tonnage de blocs de minerai disponible dans le sol.		
i) On peut introduire un facteur d'anisotropie dans le calcul des distances pour la méthode inverse de la distance. Ce facteur d'anisotropie permet de tenir compte de directions géologiques préférentielles.		
j) On peut facilement échantillonner sans biais les déblais des forages de production d'une mine à ciel ouvert simplement en recueillant les fragments sur le sol en surface.		
k) Tout rapport sur les ressources ou les réserves déposé en vertu de 43-101 doit décrire les mesures de contrôle de qualité appliquées aux analyses géochimiques.		
l) Au sens de 43-101, une personne qualifiée est un géoscientifique indépendant de la compagnie, membre d'un ordre professionnel, et ayant au moins 5 ans d'expérience dans le domaine faisant l'objet du rapport.		
m) Les ressources totales publiées par les compagnies doivent inclure, selon la norme 43-101, les ressources mesurées, indiquées et présumées.		
n) La production des métaux de base (cuivre, zinc, aluminium et fer) dans le monde a atteint un plafond depuis 2005.		
o) La méthode d'interpolation d'inverse de la distance ($b=1$) appliquée avec 3 points connus dans le plan revient à faire une interpolation linéaire sur le triangle défini par les 3 points.		

Question 7 (10 points)

Le tableau suivant présente les surfaces du gisement et les teneurs pour 2 sections parallèles espacées de 20m dans un gisement de Zn. La masse volumique du minerai est de 3t/m^3 et elle ne varie pas avec la teneur.

Section	Aire	Teneur
S1	300m^2	4%
S2	700m^2	2%

Calculez le tonnage de minerai et la teneur moyenne du minerai compris entre les 2 sections en supposant une variation brusque de la surface et de la teneur.

Corrigé du C.P. 1:

Q1- a) blancs : échantillon d'une roche dont on sait qu'elle ne renferme pas de la substance d'intérêt. Les blancs servent à s'assurer qu'il n'y a pas de contamination inter-échantillons.

standards : échantillon avec une teneur certifiée obtenu d'un fournisseur indépendant. Ils servent à s'assurer de l'absence de biais de la procédure et de sa précision.

duplicatas : échantillon soumis une 2e fois pour analyse. Ils servent à s'assurer de la précision de la procédure.

b) On ne vérifie alors que la précision finale (habituellement très bonne). On ne vérifie pas la qualité des étapes de sous-échantillonnage requises pour se rendre à la poudre.

c) Labo B est plus précis. Donc il a sans doute une meilleure procédure.

Q2- a) on calcule $x_c = H/M = 0.6 \Rightarrow c_{12} = 0.8$ ppm (figure de gauche)

cas 1, on a c_2 au milieu donc t.c. optimale $= c_2 = 0.60$

cas 2 : on a c_1 au milieu, donc t.c. optimale $= 1.05$

cas 3, on a c_{12} au milieu donc t.c. optimale $= 0.8$

b) la taxe vient accroître le coût variable de traitement h. Effet :

cas 1 : t.c. $= c_2$ et c_2 augmente

cas 2 : t.c. $= c_1$ et c_1 augmente

cas 3 : t.c. $= c_{12}$ et c_{12} pas affecté par une variation légère de h.

Q3-

a) $\cos(20) * \cos(60) * 200 = 93.97$ m

b) $\text{atan}(\sin(60) * 200 / 93.97) = 61.52^\circ$

c) $1 * \sin(\text{JO}) = 0.5$ m

d) $(0.2 * 1.2 + 2 * 2.4 + 0.8 * 4.1) / 3 = 2.77\%$

4- $a_f = 0.5 / 41 = 1.22\%$

$(\mu\text{-delta}) = 387 \text{ g/cm}^3$

$K = \mu\text{-delta} * f_g = 48.37$

$l = (0.2 / 0.8)^{0.5} = 0.316$

$s_B^2 = 48.37 * 0.316 * 2^3 / 3000 * (1 - 3000 / 5000) = 0.0163$ ($s_r = 0.1277$)

$s_r \text{ global} = (0.0163 + 0.0124^2 + 0.0004^2)^{0.5} = 0.1283$

b) on pourrait éliminer le 1er sous-échantillon (B). C'est l'étape où l'on fait le plus d'erreur ($s_r = 0.0373$).

Q5- une molécule de barite contient : $137.36 / (137.36 + 32.07 + 4 * 16) = 0.588$ Ba

20% Ba $\Rightarrow 20 / 0.588 = 34.016\%$ barite

100g roche $\Rightarrow 34.02$ g de barite et 65.98 g de gangue.

$\Rightarrow 34.02 / 4.5 = 7.56 \text{ cm}^3$

$\Rightarrow 65.98 / 2.8 = 23.56 \text{ cm}^3 \Rightarrow$ masse volumique $100 \text{ g} / (7.56 + 23.56) = 3.21 \text{ g/cm}^3$

avec porosité : $0.97 * 3.21 = 3.12 \text{ g / cm}^3$

6-

	Vrai	Faux
a) <i>En considérant la valeur de la production, la principale production minérale au Québec est l'or suivi du fer.</i>		X
b) <i>Selon la version actuelle de la loi des mines, on peut théoriquement exploiter un gisement sur un terrain dont la propriété foncière (droits de surface) appartient à un tiers.</i>	X	
c) <i>La superficie normale (en hectares) du claim désigné sur carte est la même partout au Québec.</i>		X
d) <i>La valeur 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>		X
e) <i>Pour plusieurs gisements, un graphe de la teneur du minerai sélectionné en fonction de la teneur de coupure apparaît approximativement comme une droite dont la pente et l'ordonnée à l'origine sont propres au gisement considéré.</i>	X	
f) <i>Les taxes sur les profits imposées aux compagnies minières n'influencent pas la détermination de la teneur de coupure optimale</i>	X	
g) <i>La superficie totale des claims détenus actuellement au Québec représente moins de 10% de la superficie du Québec.</i>	X	
h) <i>La méthode polygonale permet d'estimer avec précision et sans biais le tonnage de blocs de minerai disponible dans le sol.</i>		X
i) <i>On peut introduire un facteur d'anisotropie dans le calcul des distances pour la méthode inverse de la distance. Ce facteur d'anisotropie permet de tenir compte de directions géologiques préférentielles.</i>	X	
j) <i>On peut facilement échantillonner sans biais les déblais des forages de production d'une mine à ciel ouvert simplement en recueillant les fragments sur le sol en surface.</i>		X
k) <i>Tout rapport sur les ressources ou les réserves déposé en vertu de 43-101 doit décrire les mesures de contrôle de qualité appliquées aux analyses géochimiques.</i>	X	
l) <i>Au sens de 43-101, une personne qualifiée est un géoscientifique indépendant de la compagnie, membre d'un ordre professionnel, et ayant au moins 5 ans d'expérience dans le domaine faisant l'objet du rapport.</i>	X	
m) <i>Les ressources totales publiées par les compagnies doivent inclure, selon la norme 43-101, les ressources mesurées, indiquées et présumées.</i>		X
n) <i>La production des métaux de base (cuivre, zinc, aluminium et fer) dans le monde a atteint un plafond depuis 2005.</i>		X
o) <i>La méthode d'interpolation d'inverse de la distance (b=1) appliquée avec 3 points connus dans le plan revient à faire une interpolation linéaire sur le triangle défini par les 3 points.</i>		X

$$7- V = (300+700)/2 * 20*3 = 30\,000 \text{ t}$$

$$\bar{t} = \frac{S_1 t_1 + S_2 t_2}{S_1 + S_2} \Rightarrow (300*4 + 700*2)/1000 = 2.6\%$$