

GLQ3401-3651
13h45 à 15h45

Géostatistique et géologie minière
Contrôle périodique 1

8 oct. 2015

L'examen comporte 5 questions, sur 12 pages, totalisant 90 points. Les points sont répartis de la façon suivante :

(18-20-20-20-12).

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.

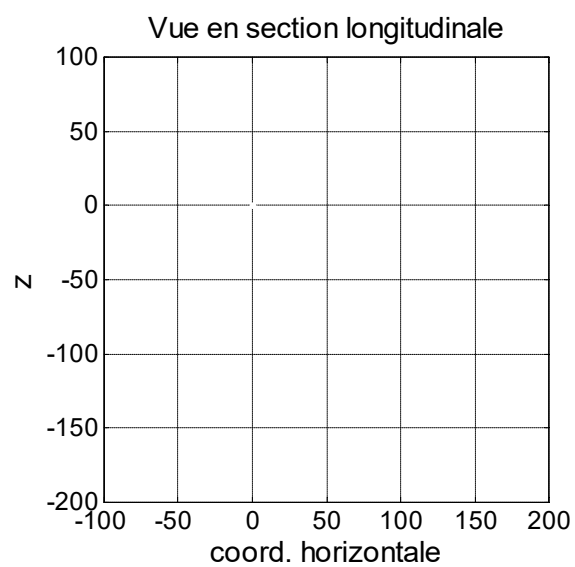
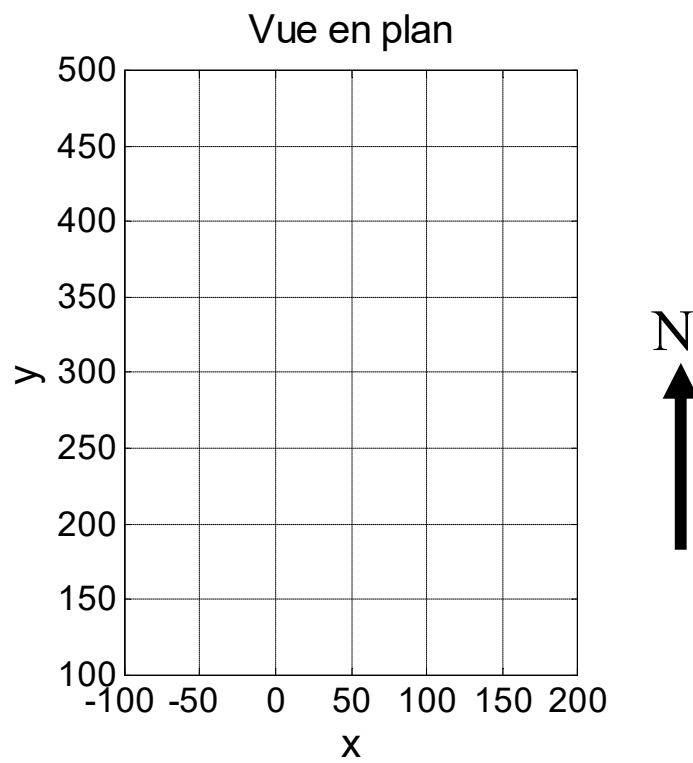
Nom de l'étudiant : _____

Signature : _____ **Matricule :** _____

Question 1 (18 points)

Une veine, considérée comme un plan, est orientée selon l'azimut 340° et a un pendage de 50° . Le sommet de la veine a été reconnu dans un forage au point A de coordonnée (50, 300, -100). On planifie un forage dont le collet est à (150, 200, 50) orienté selon (300° , 50°). Le JO entre le plan et le forage vaut 54° . Les coordonnées du point A et du collet sont dans l'ordre (x, y, z); on utilise un système main droite, i.e. x croît vers l'est, y croît vers le nord et z croît vers le haut.

10 pts a) À quelle distance du collet devrait-on croiser la veine ? Utilisez les canevas suivants pour répondre à la question par une méthode graphique. Bien indiquer sur les graphes les distances et les angles que vous utilisez et la localisation des points importants.



3 pts *b) La veine montre une épaisseur apparente de 3 m dans le forage orienté selon (300° , 50°). Quelle est sa véritable épaisseur ?*

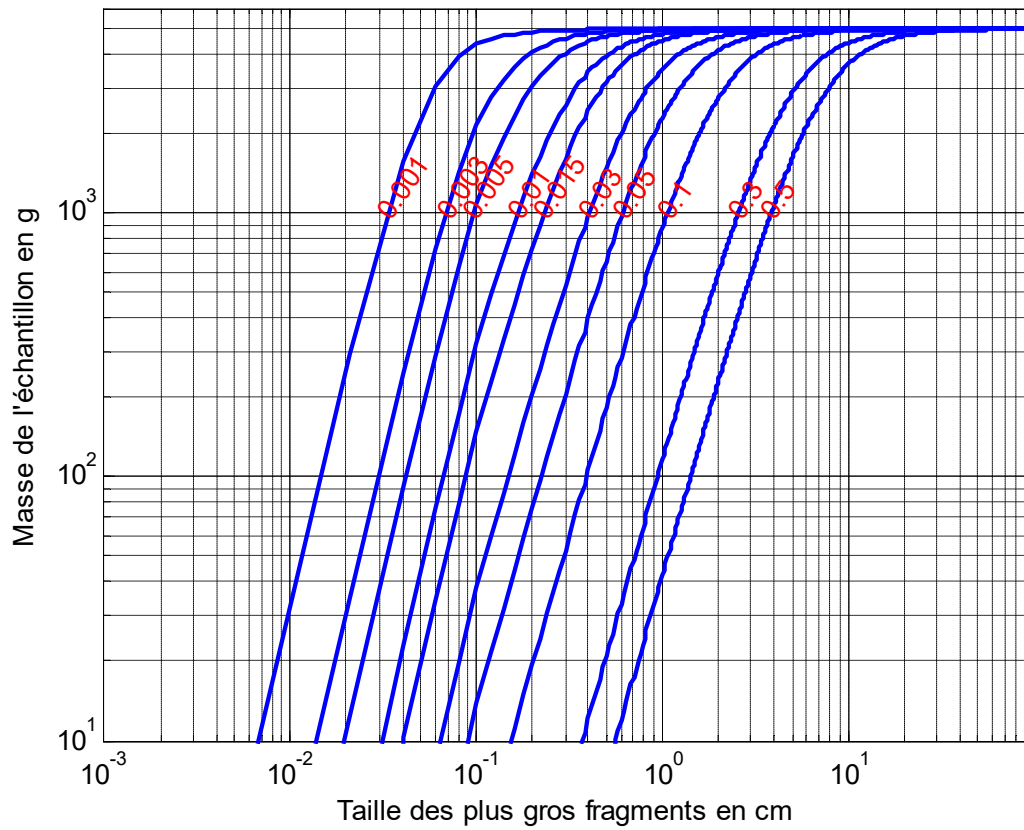
5 pts *c) Sur une section verticale est-ouest, quel est la plongée apparente du forage (300° , 50°)?*

Question 2 (20 points)

Le laboratoire d'analyse d'une mine de Zn adopte la procédure décrite au tableau suivant pour l'analyse des demi-carottes de forage. La masse de matériau contenu dans une demi-carotte est de 5 kg. Le Zn est contenu dans la sphalérite (formule ZnS) de densité 4.1. La masse atomique du Zn est 65.4, celle du S est 32.07. La taille de libération des grains de sphalérite est d'environ 1 mm et la densité de la gangue est de 3.0. Les tailles des fragments indiquées au tableau suivant dépendent des appareils disponibles et ne peuvent pas être modifiées. On désire avoir un écart-type relatif inférieur à 0.02 lorsque la teneur en Zn est de 1%.

Étape	Masse	Diamètre des plus grosses particules	Coût unitaire de l'opération	Coût de l'opération
A- concassage	5 kg	0.8 cm	0.3\$/kg	1.5\$
B- sous-échantillon	2 kg	0.8 cm	3\$	3\$
C- broyage	2 kg	0.1 cm	2\$ / kg	4\$
D- sous-échantillonnage	200 g	0.1 cm	1\$	1\$
E- pulvérisation	200 g	0.01 cm	30 \$/kg	6 \$
F- sous-échantillonnage final pour analyse	15 g	0.01 cm	0.50\$	0.5\$
Coût total de préparation d'échantillon selon la procédure actuelle :				16.00\$

6 pts a) Représentez cette procédure sur l'abaque de Gy fourni.



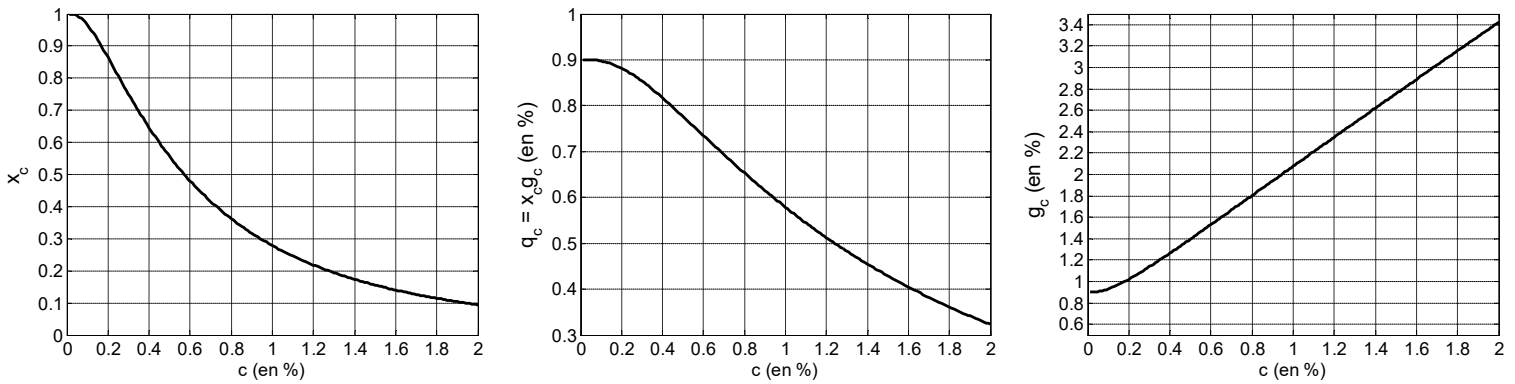
3 pts *b) Calculez (en vous servant de l'abaque) la précision globale (un écart-type relatif) de la procédure.*

8 pts *c) Faites le calcul détaillé avec la formule pour l'étape B seulement.*

3 pts *d) Suggérez une modification à la procédure qui permettrait d'améliorer la précision sans trop augmenter les coûts de celle-ci.*

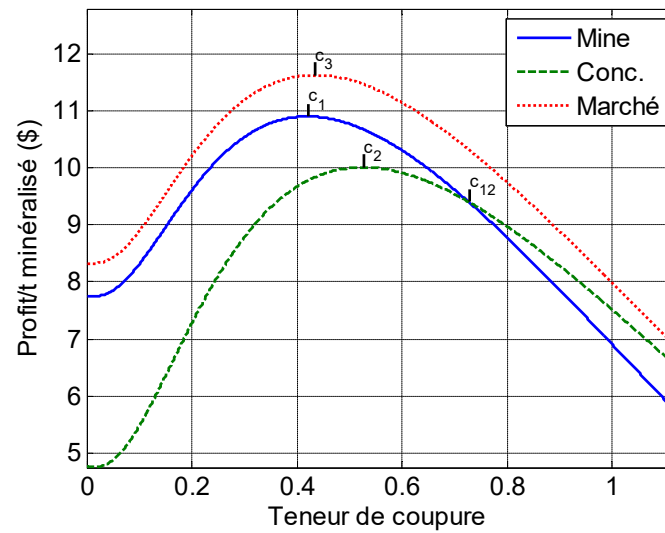
Question 3 (20 points)

Les graphes suivants donnent les fonctions de récupération d'un gisement de Cu. Les fonctions sont calculées à partir des teneurs estimées par un estimateur sans biais conditionnel et dont la distribution est lognormale de moyenne 0.9% et de variance 1.2 %². Les capacités de minage, traitement et du marché sont respectivement de 25Mt (de matériau minéralisé), 10 Mt (de minerai) et 1Mt (de métal). Le taux de récupération au concentrateur est de 0.9.



5 pts a) Déterminez la teneur d'équilibre mine-traitement pour ce gisement.

Les courbes mine-traitement-marché sont représentées sur la figure suivante :



6 pts b) Déterminez le tonnage de développement annuel nécessaire (i.e combien de tonnes de matériau minéralisé doit être disponible annuellement) pour pouvoir opérer à la t.c. optimale indiquée sur le graphe précédent ?

3 pts c) Quelle est la teneur du minerai extrait si l'on exploite à la t.c. optimale?

3 pts d) Combien serait-on prêt à investir par tonne minéralisée pour augmenter la capacité du traitement?

3 pts e) *Quelle propriété nous autorise à appliquer la théorie de Lane sur la distribution des teneurs estimées?*

Question 4 (20 points)

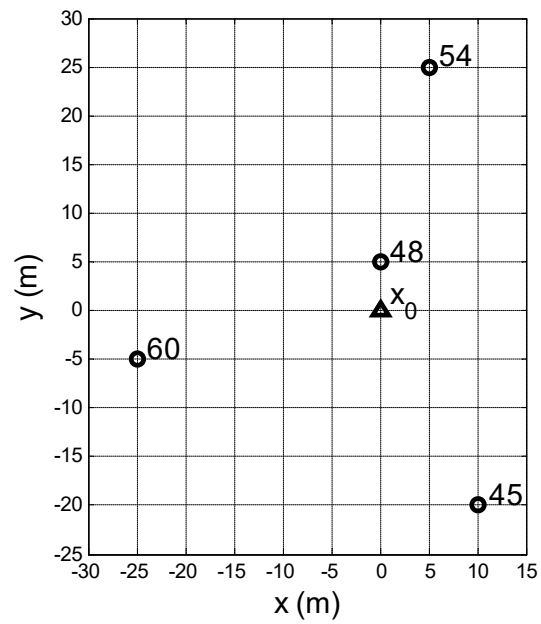
- 10 pts a) Déterminez la masse volumique théorique (sans porosité) d'une roche ayant fourni à l'analyse 52% Fe sachant que le fer se retrouve dans la magnétite (Fe_3O_4) de masse volumique 5.15 g/cm^3 et que la gangue montre une masse volumique de 2.7 g/cm^3 . Les poids atomiques de Fe et de O sont respectivement de 55.8 et 16.

Le tableau suivant donne les tonnages et teneurs de deux blocs de minerai.

Bloc	Teneur	Volume	Masse volumique
1	40 %	100 m ³	4 t/m ³
2	55 %	150 m ³	4.5 t/m ³

- 4 pts b) Calculez le tonnage et la teneur moyenne pour l'ensemble des deux blocs.

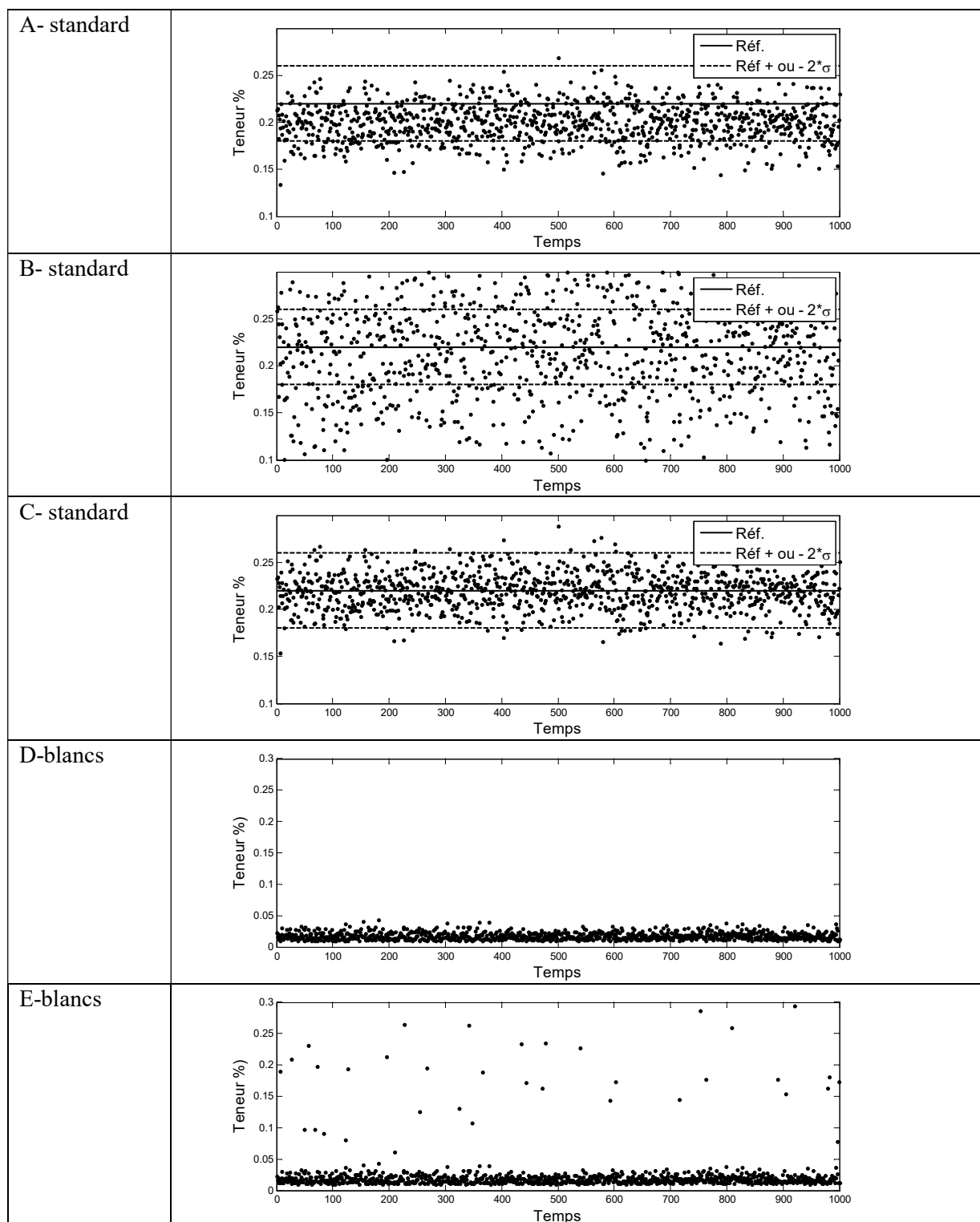
Le plan suivant donne la localisation de données et les teneurs de Fe observées en %.

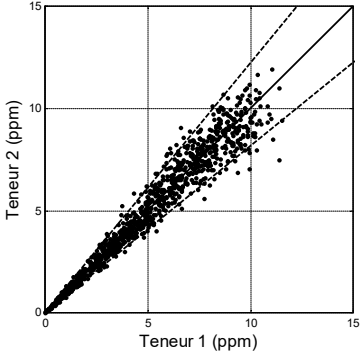
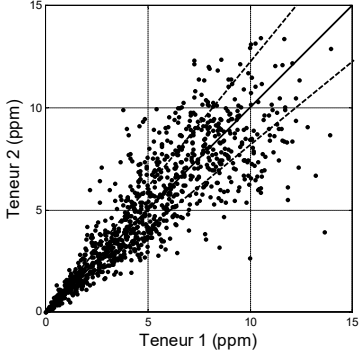
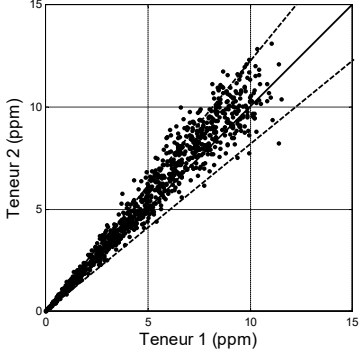
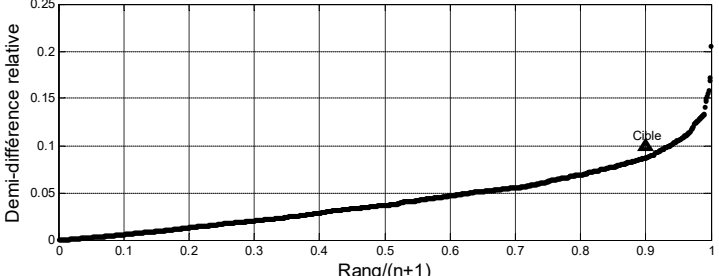


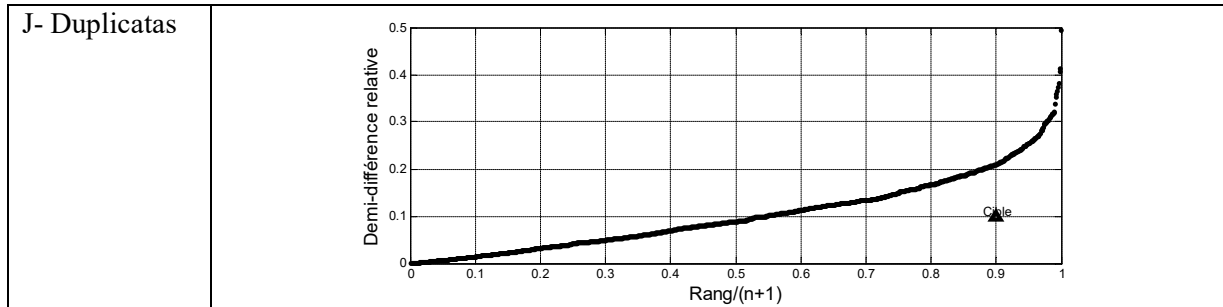
- 6 pts c) Estimez par inverse de la distance au carré la teneur en Fe au point x_0 en utilisant les quatre données disponibles.

Question 5 (12 points)

On vous présente une série de graphes utilisés en QA/QC par différentes mines.



F-Duplicatas	
G-Duplicatas	
H- Duplicatas	
I- Duplicatas	



3 pts a) Quels graphes indiquent un problème potentiel de contamination inter-échantillon ?

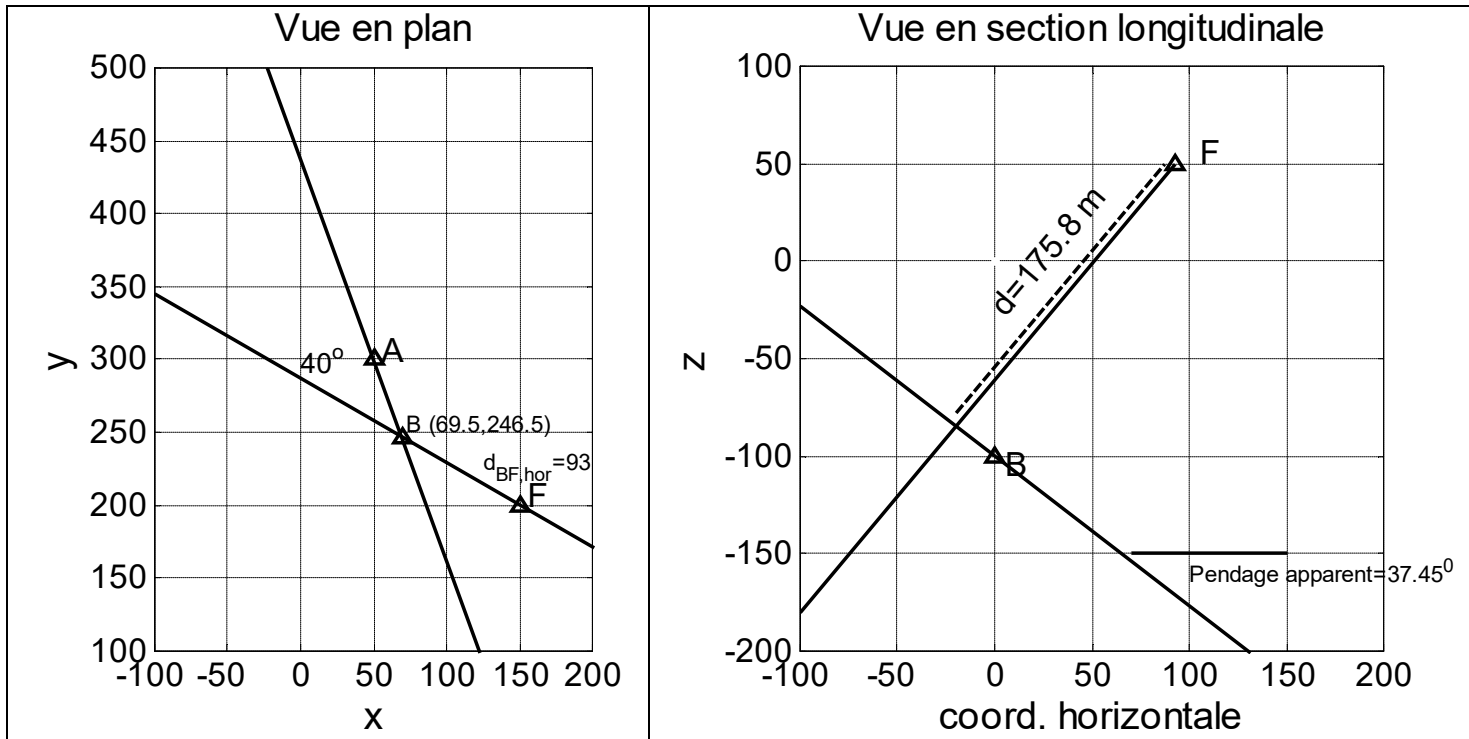
3 pts b) Quels graphes indiquent un problème de biais ?

3 pts c) Quels graphes indiquent un manque de précision ?

3 pts d) Quels graphes montrent les résultats attendus ?

Corrigé

1a) On calcule le pendage apparent du plan : $\theta = \arctan(\tan(50) \cdot \sin(40)) = 37.5^\circ$ (40 est l'angle entre la direction de la section et la direction du plan).



1b) épaisseur vraie = épaisseur apparente * $\sin(\theta) = 3m \cdot \sin(54) = 2.43 m$

1c) plongée apparente = $\arctan(h_{vert}/h_{horiz})$

$$h_{vert} = \sin(50) \cdot L$$

$$h_{horiz} = \cos(50) \cdot \cos(\alpha) \cdot L$$

α : angle entre la section et la direction du forage $(300-270)=30$

donc plongée apparente = $\arctan[\sin(50)/(\cos(50) \cdot \cos(30)) = 54^\circ$

2a) –

$$2b) s_{r, global} = (.043^2 + 0.012^2 + 0.0014)^{0.5} = 0.045$$

$$2c) a_i = 0.01/0.671 = 0.015$$

$$\mu\text{-delta} = (1-0.015)/0.015 \cdot ((1-0.015) \cdot 4.1 + 0.015 \cdot 3) = 268.15$$

$$l = (0.1/0.8)^{0.5} = 0.35$$

$$K \cdot l = 268.15 \cdot 0.5 \cdot 0.25 \cdot 0.35 = 11.85$$

$$s_r^2 = 11.85 \cdot 0.8^3 / 2000 \cdot (1 - 2000/5000) = 0.0018 \text{ dont la racine donne bien } 0.043$$

d) éliminez l'étape B et faire le premier échantillonnage comme D sur le 5 kg broyé à 0.1 cm.

Coût additionnel : 3\$

3 a) on peut lire le graphe de gauche en ordonnée à 0.4 et on obtient $c_{12}=0.73$. On peut aussi lire directement en abscisse sur le graphe de la question b) et on trouve aussi bien sûr 0.73.

b) la t.c. optimale est c_2 , celle-ci est sous la courbe mine, donc on n'utilise pas toute la capacité de minage. Pour trouver la proportion utilisée, on lit sur le graphe de gauche en abscisse à $c_2=0.53$. On lit en ordonnée $x_c=0.55$. Donc puisque $H=0.55*M'$, on trouve $M'=10/0.55 = 18.2$ Mt

c) par lecture directe sur le graphe de droite en abscisse 0.53 $\Rightarrow g_c=1.4\%$

d) Le gain maximum que l'on peut espérer en augmentant la capacité de traitement est la différence entre la valeur actuelle et la valeur à $c_1 \sim 0.95\$/t$ minéralisée.

e) l'absence de biais conditionnel de l'estimateur utilisé.

4a) dans une molécule de magnétite, on a une concentration de $(55.8*3)/(55.8*3+4*16)=0.723$.

Donc : 53% Fe $\Rightarrow 52/0.723 = 71.9\%$ de magnétite

100 g roche $\Rightarrow 71.9$ g de magnétite et 28.1 g de gangue.

vol. magnétite : $71.9/5.15=13.96 \text{ cm}^3$

vol. gangue : $28.1/2.7=10.41 \text{ cm}^3$

densité $=100/(13.96+10.41)=4.10 \text{ g/cm}^3$

b) tonnage : $100*4+150*4.5=1075 \text{ t}$

teneur : $(100*4*0.4+150*4.5*0.55)/1075=49.4\%$

c) Les distances au carré sont : 25, 500, 650 et 650. La somme des inverses des distances au carré donne 0.0451. Les poids sont : 0.8869, 0.0443, 0.0355, 0.0355. La teneur estimée est 48.48.

5a) E

5b) A,H, (J)

5c) B,G, (J)

5d) C,D,I

Il faut que J apparaisse au moins dans b) ou c) car on ne sait pas si le problème en J est lié au biais ou à la précision ou aux deux.