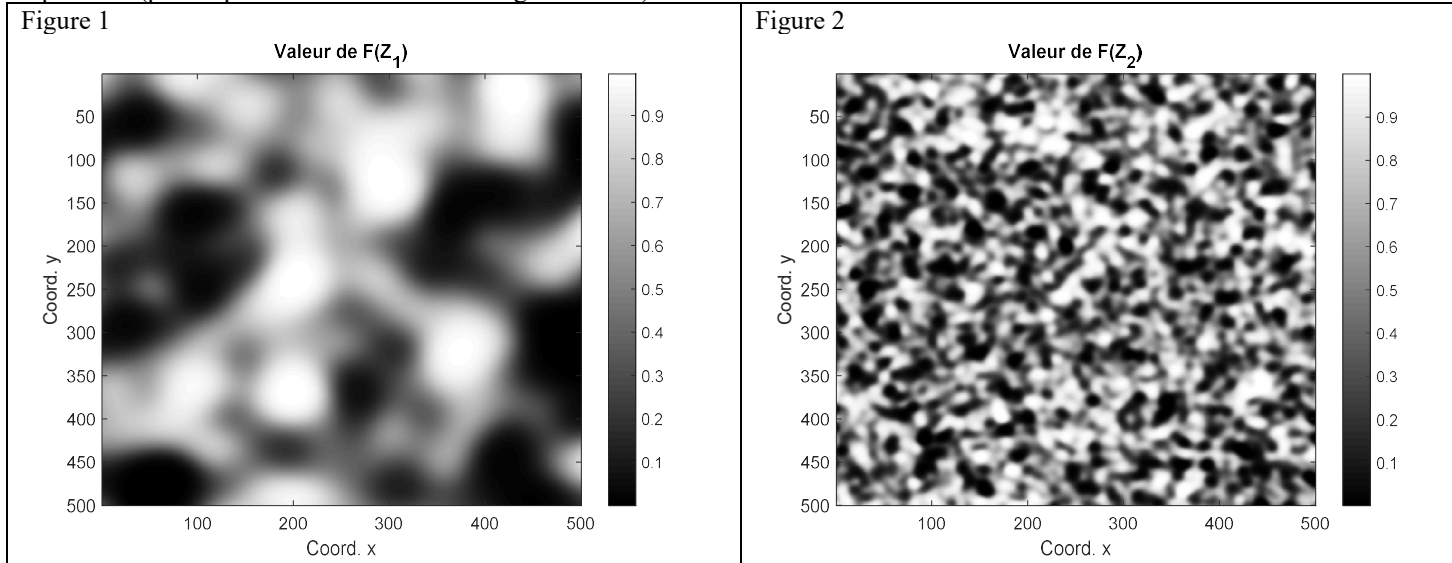


Final 2019

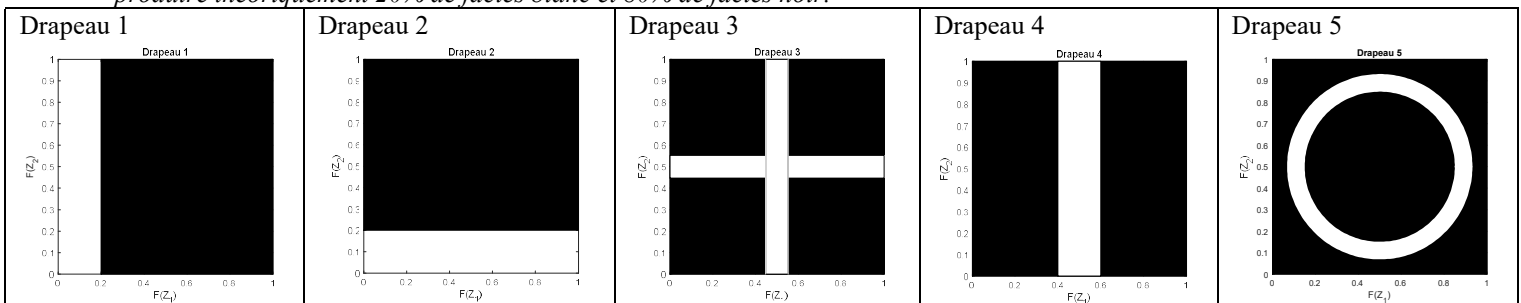
Question 1 (12 points)

Les figures 1 et 2 montrent la simulation de deux champs gaussiens représentés par les valeurs de la fonction de répartition (plutôt que directement les valeurs gaussiennes).

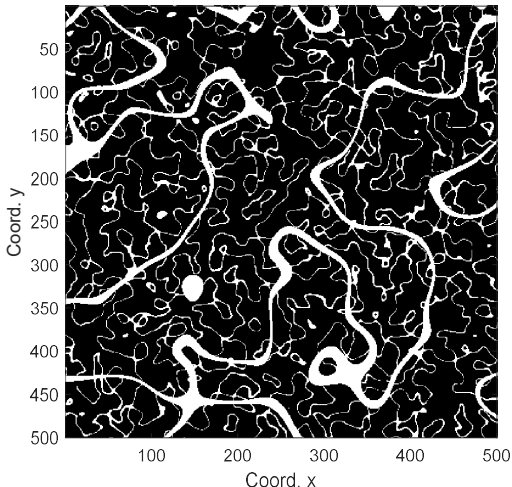
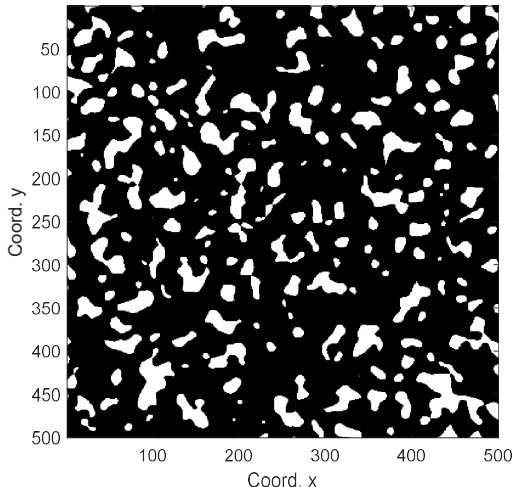
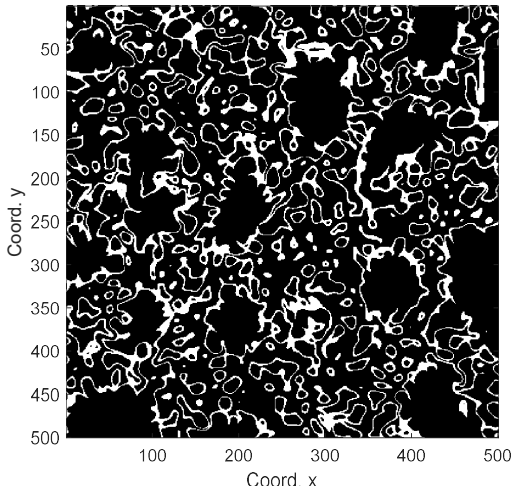
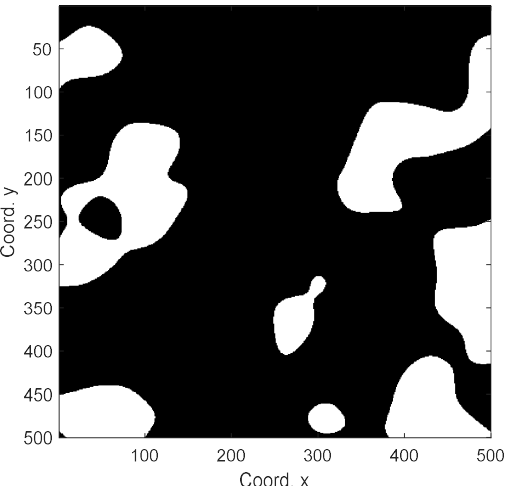


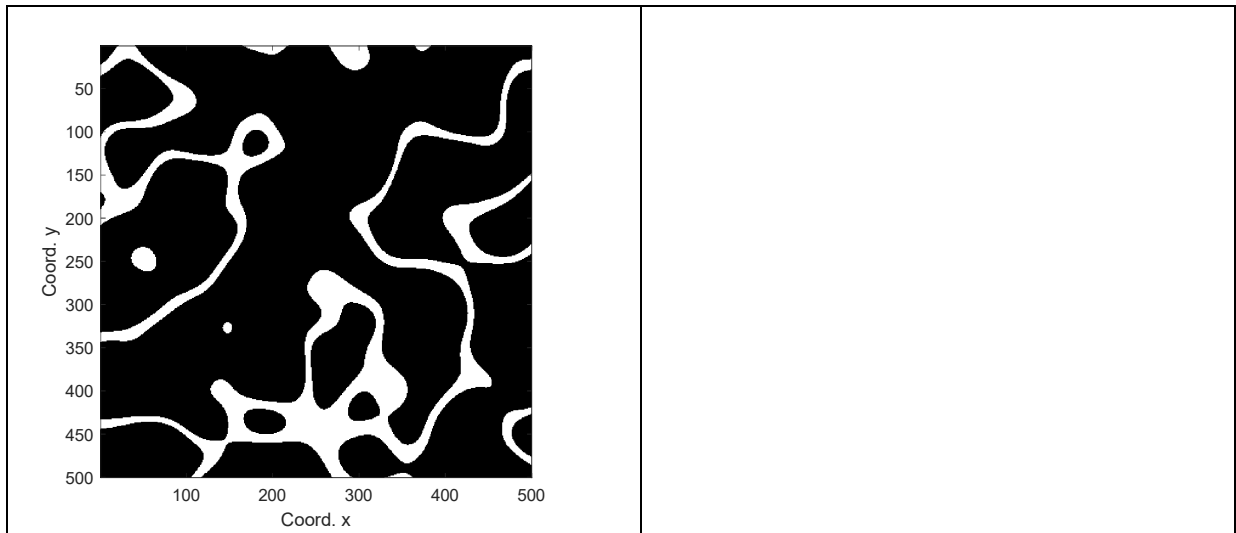
2 pts a) Les deux variogrammes suivants ont été utilisés : gaussien avec $a_{\text{eff}}=17$ et gaussien avec $a_{\text{eff}}=87$ et Gaussien. Identifiez le modèle utilisé pour chacune des figures 1 et 2.

4 pts b) On vous montre cinq drapeaux de codage appliqués aux deux champs gaussiens précédents et cinq réalisations de faciès (page suivante). Associez chaque réalisation au drapeau lui correspondant (voir au bas de la page suivante). Sur les drapeaux de codage, l'axe horizontal est $F(Z_1)$ et l'axe vertical est $F(Z_2)$. Chaque drapeau est conçu pour produire théoriquement 20% de faciès blanc et 80% de faciès noir.



Question 1 (suite)

Réalisations															
A 	B 														
C 	D 														
E	<table> <tr> <th colspan="2">Réponses</th></tr> <tr> <th>Réalisation</th><th>Drapeau</th></tr> <tr> <td>A</td><td></td></tr> <tr> <td>B</td><td></td></tr> <tr> <td>C</td><td></td></tr> <tr> <td>D</td><td></td></tr> <tr> <td>E</td><td></td></tr> </table>	Réponses		Réalisation	Drapeau	A		B		C		D		E	
Réponses															
Réalisation	Drapeau														
A															
B															
C															
D															
E															



Question 1 (suite)

2 pts c) Les simulations de faciès précédentes ont été obtenues par la méthode plurigaussienne. Identifiez les réalisations qui auraient pu être obtenues par méthode gaussienne tronquée (i.e. avec un seul champ gaussien). Justifiez.

2 pts d) Est-ce que certaines de ces réalisations auraient pu être obtenues par simulation séquentielle d'indicateurs? Si oui, lesquelles? Si non, pourquoi?

2 pts e) Si l'on avait observé les faciès en un certain nombre de points, quelle méthode devrait-on utiliser pour imposer cette information dans les différentes réalisations? (donnez le nom de la méthode sans décrire)

Question 2 (8 points)

On vous présente cinq systèmes de cokrigeage (A à E) chacun basé sur une hypothèse différente concernant les moyennes de Z et Y. (K désigne une matrice, k un vecteur, ' indique la transposée)

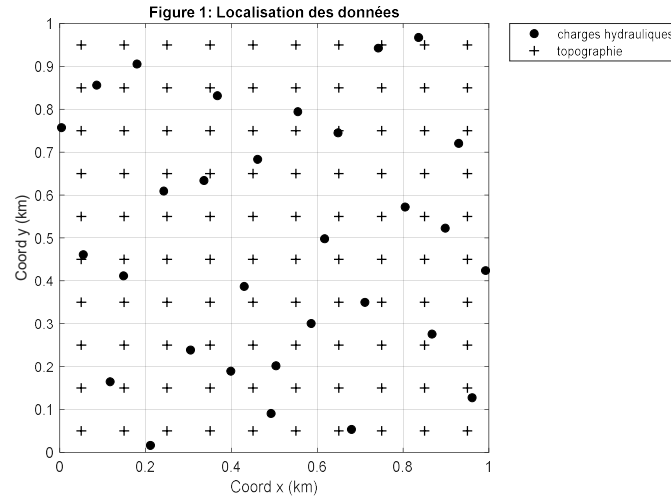
A) $\begin{bmatrix} K_{zz} & K_{zy} & 1 \\ K_{yz} & K_{yy} & 1 \\ 1' & 1' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda \\ \alpha \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{zz} \\ k_{yz} \\ 1 \end{bmatrix}$	B) $\begin{bmatrix} K_{zz} & K_{zy} \\ K_{yz} & K_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{zz} \\ k_{yz} \end{bmatrix}$
C) $\begin{bmatrix} K_{zz} & K_{zy} & 1 \\ K_{yz} & K_{yy} & 0 \\ 1' & 0' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda \\ \alpha \\ \mu_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{zz} \\ k_{yz} \\ 1 \end{bmatrix}$	D) $\begin{bmatrix} K_{zz} & K_{zy} & 1 & 0' \\ K_{yz} & K_{yy} & 0 & 1' \\ 1' & 0' & 0 & 0 \\ 0' & 1' & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda \\ \alpha \\ \mu_z \\ \mu_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{zz} \\ k_{yz} \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
E) $\begin{bmatrix} K_{zz} & K_{zy} & 0 \\ K_{yz} & K_{yy} & 1 \\ 0' & 1' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda \\ \alpha \\ \mu_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{zz} \\ k_{yz} \\ 0 \end{bmatrix}$	

Complétez le tableau suivant en indiquant le système de cokrigeage correspondant à l'hypothèse énoncée sur les moyennes de Z et Y et en indiquant la forme particulière de l'estimateur (utilisez la même notation que celle des cas 1 et 3)

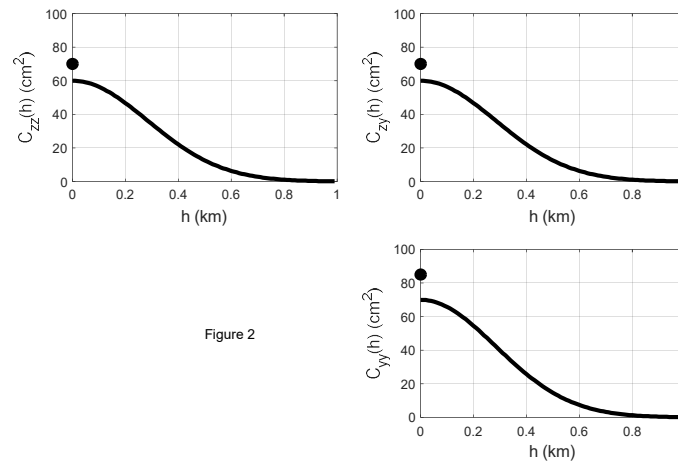
#	Hypothèse sur les moyennes	Système (A à E)	Forme de l'estimateur
1	Les moyennes de Z et Y sont inconnues		$Z^* = \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i Z_i + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i Y_i$
2	Les moyennes de Z et Y sont inconnues mais égales		
3	Les moyennes de Z et Y sont connues		$Z^* = m_z + \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i (Z_i - m_z) + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i (Y_i - m_y)$
4	Seule la moyenne de Z est connue		
5	Seule la moyenne de Y est connue		

Question 3 (16 points)

La figure 1 donne la localisation de données où l'on a mesuré la charge hydraulique (variable principale Z) dans un aquifère de surface et l'élévation topographique (variable auxiliaire Y). Il y a en tout 30 valeurs de charge et 100 valeurs de topographie.



La figure 2 montre les covariances et la covariance croisée pour Z et Y (l'on a vérifié que la covariance croisée était symétrique en h), le modèle est considéré isotrope.



6 pts a) Spécifiez le modèle linéaire de corégionalisation retenu et vérifiez s'il s'agit d'un modèle admissible.

Question 3 (suite)

- 3 pts b) Dans le contexte illustré et avec le modèle de corégionalisation anticipe-t-on que le cokrigeage devrait améliorer significativement l'estimation de la charge par rapport à un krigage? Justifiez.
- 2 pts c) Par quelle technique pourrait-on vérifier votre réponse fournie en b) en utilisant uniquement l'information actuellement disponible ?
- 2 pts d) Commentez cet énoncé : « étant donné que la covariance croisée est symétrique en h , on aurait pu calculer le variogramme croisé expérimental, avec les données disponibles, plutôt que la covariance croisée ».
- 3 pts e) On sait que la frontière ouest du domaine est une frontière imperméable. Décrivez une méthode permettant d'inclure cette information dans l'interpolation de la charge hydraulique.

Question 4 (12 points)

Indiquez si les énoncés suivants sont vrais ou faux (faites un X dans la colonne appropriée et ne pas justifier). (+1 pour une bonne réponse, -0.5 pour une mauvaise, 0 pour une abstention)

Énoncé	V	F
<i>a) Dans un cokrigeage, les poids associés à la variable secondaire n'ont jamais d'unités.</i>		
<i>b) Dans la méthode SGS, on doit faire l'hypothèse que la distribution de la variable transformée est multinormale. Il n'est pas suffisant que la distribution marginale soit normale.</i>		
<i>c) Dans le SGS, même si l'on doit transformer la variable pour qu'elle soit normale, on doit utiliser le variogramme de la variable originale dans le krigage propre à cette méthode.</i>		
<i>d) Dans un cokrigeage, les poids de cokrigeage associés à la variable principale (i.e. celle que l'on estime) n'ont jamais d'unités.</i>		
<i>e) La variance de cokrigeage est plus élevée là où localement les valeurs observées varient beaucoup.</i>		
<i>f) Dans un recuit simulé on rejette toujours une modification qui fait croître la fonction objectif que l'on cherche à minimiser.</i>		
<i>g) Dans le krigage d'indicatrices le calcul de la variance conditionnelle n'implique pas les variances de krigage des indicatrices correspondant aux divers seuils.</i>		
<i>h) Dans un krigage d'indicatrices, la variance conditionnelle augmente généralement avec la variabilité des valeurs observées dans le voisinage du point à estimer.</i>		
<i>i) Dans un krigage d'indicatrices effectué avec <u>un nombre limité de seuils</u>, l'espérance conditionnelle calculée en un point où se trouve une donnée coïncide exactement avec la valeur de la donnée.</i>		
<i>j) Pour un même jeu de données impliquant deux variables, il y a toujours autant ou plus de paires disponibles pour le calcul d'une covariance croisée que pour le calcul d'un variogramme croisé.</i>		
<i>k) On peut construire des intervalles de confiance sur les ressources d'un gisement en effectuant plusieurs réalisations conditionnelles aux données disponibles.</i>		
<i>l) Dans un modèle linéaire de corégionalisation, on doit utiliser uniquement des <u>modèles isotropes</u>.</i>		

Question 5 (10 points)

La figure 1 montre les fonctions de répartition d'une $N(0,1)$ et du $\ln(\text{plomb})$ obtenu avec les données de Dallas vues au TP10.

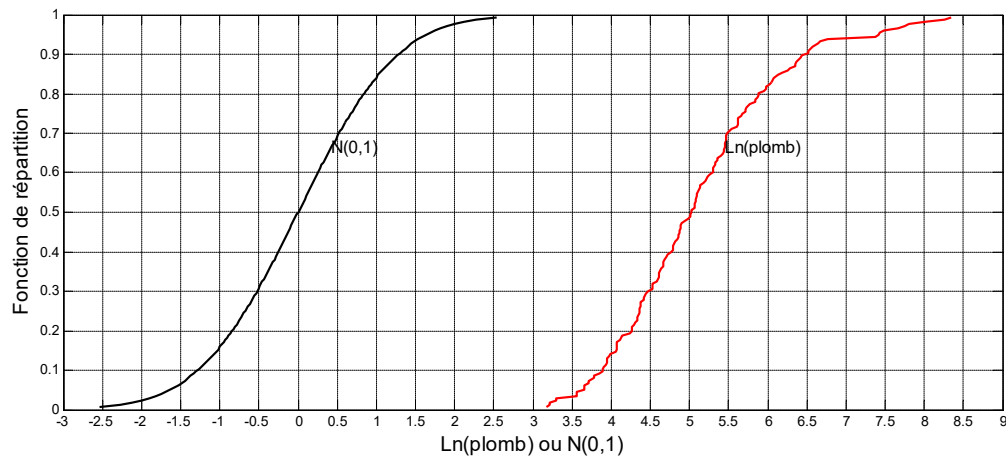


Figure 1

2 pts a) On a observé trois données ayant les localisations et valeurs suivantes. Compléter le tableau suivant :

Donnée	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Pb (ppm)	Ln(Pb)	N(0,1)
1	5500	5500	245	5.5	
2	6000	5500	403	6	
3	6500	6500	1097	7	

La variable $Z \sim N(0,1)$ correspondant aux teneurs de Pb montre un variogramme sphérique isotrope de portée 2000 m et avec $C_0=0.1$ et $C=0.9$.

2 pts b) Quelles sont les unités pour C_0 et C ?

On effectue le krigeage simple au point $x_0=(6000, 6000)$ et l'on obtient le système de krigeage suivant :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.57 & 0.105 \\ 0.57 & 1 & 0.224 \\ 0.105 & 0.224 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.443 \\ 0.57 \\ 0.443 \end{bmatrix} \text{ dont la solution est : } \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.186 \\ 0.388 \\ 0.336 \end{bmatrix}$$

Question 5 (suite)

2 pts c) Quelles seront la valeur krigée et la variance de krigeage simple en ce point x_0 ?

2 pts d) On tire de la distribution conditionnelle la valeur gaussienne 1.0. Quelle est la concentration de plomb que l'on simule à ce point ?

2 pts e) Sur quelle propriété particulière repose en pratique le SGS lorsqu'on l'applique dans un contexte où plusieurs milliers de données sont disponibles ?

Question 6 (10 points)

À la suite d'une étude de faisabilité basée sur des milliers de données de carottes sur un certain gisement, on décide de l'exploiter en fosse. Un design de la fosse est effectué donnant les limites ultimes de la fosse.

Le design de la fosse est considéré fixe. On voudrait construire un intervalle de confiance sur le profit que va générer cette fosse. On suppose qu'au moment du minage des différents blocs, leur vraie teneur sera quasiment connue (les erreurs sur les teneurs de blocs seront alors négligeables, ce qui n'est pas le cas actuellement). Tous les blocs de la fosse ultime doivent être remontés en surface. Si leur valeur en métal couvre les coûts de traitement au concentrateur ils seront traités, sinon ils seront disposés sur la halde de stérile.

Suggérez une méthode géostatistique permettant d'atteindre l'objectif de construire l'intervalle de confiance sur la valeur de la fosse. Expliquez les principales étapes d'application de la méthode et la façon dont vous l'utiliserez pour fournir l'intervalle de confiance souhaité.

Question 7 (10 points)

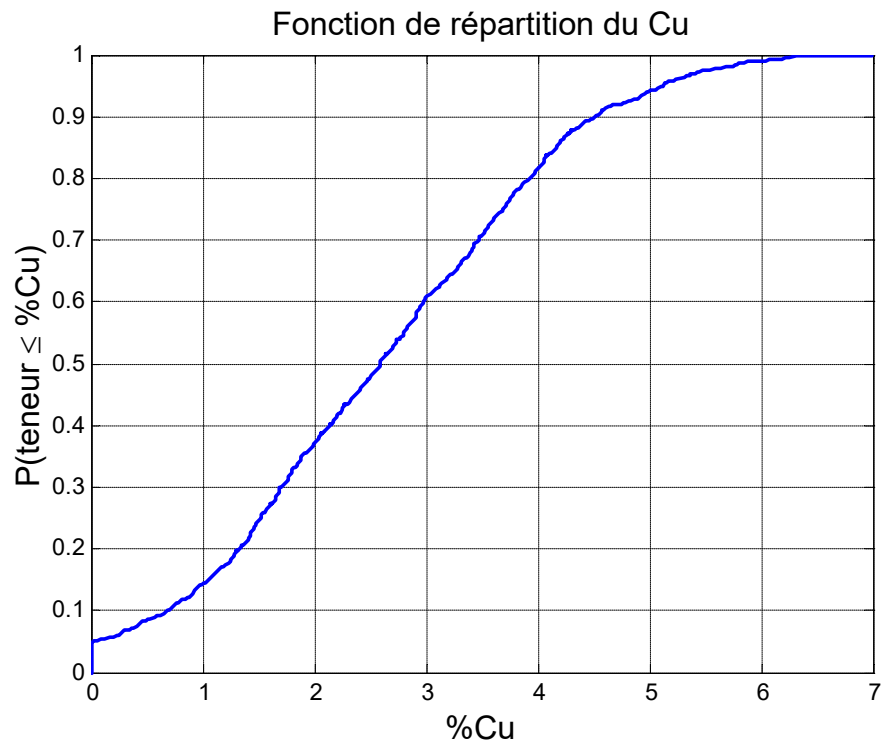
5 pts a) Compléter le tableau suivant permettant de conditionner une simulation non-conditionnelle par post-conditionnement par krigeage.

Point	Valeur observée	Valeur simulée non-conditionnelle	Valeur krigée avec les données	Valeur krigée avec les données simulées	Valeur simulée conditionnellement
1	-	0.5	1.3	0.6	
2	-	1.2	1.9	0.9	
3	2.1	0.8	2.1	0.8	
4	-	1.9	1.5	1.4	
5	1.2	1.5	1.2	1.5	

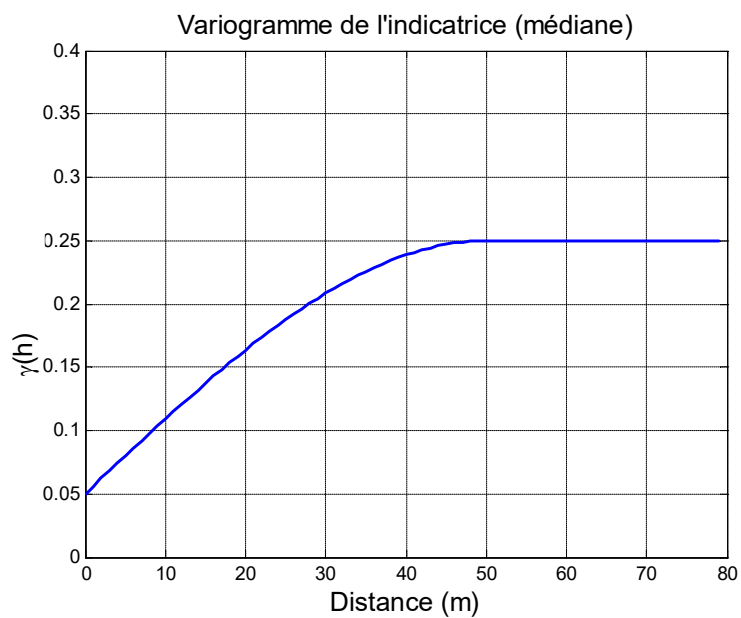
5 pts b) Utilisant la définition du post-conditionnement par krigeage, démontrez que l'espérance d'une simulation conditionnelle est la valeur krigée (par krigeage simple) et que la variance de l'erreur d'estimation est deux fois la variance de krigeage.

Question 8 (12 points)

La figure suivante montre la distribution des teneurs de Cu d'un gisement (fonction de répartition).



La figure suivante montre le variogramme de l'indicatrice correspondant à la médiane de la distribution. Les variogrammes des autres indicatrices sont tous proportionnels au variogramme de la médiane, ce qui fait que les poids de krigeage sont invariants avec le seuil considéré.

**Question 8 (suite)**

Le tableau suivant donne l'emplacement et les valeurs en Cu de 4 observations et d'un point (x_0) où l'on désire effectuer l'estimation par krigeage d'indicatrices.

Point	Coord. x (m)	Coord. y (m)	% Cu
x_1	40	40	2
x_2	60	80	5
x_3	50	65	3
x_4	55	45	4
x_0	50	50	?

Les poids obtenus pour le KI simple sont :

$$\lambda = \begin{bmatrix} 0.20 \\ 0 \\ 0.25 \\ 0.45 \end{bmatrix}$$

2 pts a) *Quel est le palier du variogramme attendu pour l'indicateur correspondant au seuil 1% Cu?*

5 pts b) *Quelle est la probabilité, obtenue par KI simple, que la teneur de Cu au point x_0 soit supérieure à 3.5% Cu ?*

Question 8 (suite)

3 pts c) Si l'on effectue le KI simple à d'autres seuils, court-on des risques de rencontrer des problèmes de relation d'ordre pour cet exemple particulier? Discutez.

2 pts d) Est-ce que les informations fournies dans l'énoncé permettent d'exclure que le champ soit gaussien ? Discuter.

Question 9 (10 points)

On veut simuler une variable Z en trois points distincts (cas stationnaire) par méthode de Cholesky. On a construit la matrice de covariance K et effectué la décomposition $K=LL'$. On a trouvé :

$$L = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 2 & 2.2361 & 0 \\ 2 & 0.8944 & 2.0494 \end{bmatrix}$$

2 pts a) Quelle est la variance des Z ?

2 pts b) Quelle est la covariance entre Z_2 et Z_3 ?

2 pts c) On tire d'une $N(0,1)$ le vecteur de valeurs aléatoires $\begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ -1.2 \end{bmatrix}$. Quelle est la valeur simulée pour Z_3 ?

2 pts d) On a observé $Z_1=2$. Que devient la covariance (conditionnelle) entre Z_2 et Z_3 sachant cela ?

2 pts e) Quelle est la principale limitation de la méthode de Cholesky ?

Annexe : Fonction de répartition N(0,1).

x	Fonction de répartition N(0,1) : P(Z<x) pour x>0. Pour x<0 prendre 1-P(Z<-x)									
	0.	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Corrigé :

Q1

a) $a=87$ pour figure 1 et $a=17$ pour fig. 2.

b) A-3, B-2, C-5, D-1, E-4.

c) B, D et E car leur drapeau correspondant n'est influencé que par la valeur d'une seule variable gaussienne.

d) Non aucune. La simulation d'indicateur exige un variogramme d'indicateurs avec comportement linéaire à l'origine. Les textures des réalisations sont alors beaucoup moins continues.

e) On appliquerait la méthode de l'échantillonneur de Gibbs.

Q2-

#	Hypothèse sur les moyennes	Système (A à E)	Forme de l'estimateur
1	Les moyennes de Z et Y sont inconnues	D	$Z^* = \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i Z_i + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i Y_i$
2	Les moyennes de Z et Y sont inconnues mais égales	A	$Z^* = \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i Z_i + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i Y_i$
3	Les moyennes de Z et Y sont connues	B	$Z^* = m_z + \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i (Z_i - m_z) + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i (Y_i - m_y)$
4	Seule la moyenne de Z est connue	E	$Z^* = m_z + \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i (Z_i - m_z) + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i Y_i$
5	Seule la moyenne de Y est connue	C	$Z^* = \sum_{i=1}^{nz} \lambda_i Z_i + \sum_{i=1}^{ny} \alpha_i (Y_i - m_y)$

Q3

a) $C(h) = \begin{bmatrix} 10 & 10 \\ 10 & 15 \end{bmatrix}$ pépite + $\begin{bmatrix} 60 & 60 \\ 60 & 70 \end{bmatrix}$ gaussien (avec a effectif $\sim$). Les déterminants des deux matrices sont 50 et 600 donc positifs et le modèle est admissible.

b) Oui car la variable secondaire Y est échantillonnée en des points distincts de Z et la corrélation entre les deux variables est élevée à $h=0$: $70/(70*85)^{0.5} = 0.91$

c) par validation croisée.

d) non on aurait eu aucune paire pour calculer les variogrammes croisés car il n'y a aucun point où les deux variables coïncident.

e) On aurait pu inclure des points doublons rapprochés avec valeur nulle (i.e. même charge) tout le long de cette frontière. Ceci force un écoulement parallèle à la frontière.

Q4- F V F V F F V V F V V F

Q5 a) environ 0.5, 0.8 et 1.5

b) Pas d'unités car c'est une $N(0,1)$.

c) Valeur krigée : $0.5*0.186+0.8*0.388+1.5*0.336 = 0.91$

var. de krigage : $1-0.186*0.443-0.388*0.57-0.336*0.443 = 0.548$

d) $1 \Rightarrow 6.2$ pour ln plomb donc plomb = $\exp(6.2) = 493$ ppm

e) l'effet d'écran qui permet de réduire le voisinage sans perdre d'information.

Q6- On utilise les simulations conditionnelles. L'idée est de simuler l'ensemble des blocs dans la fosse ultime un grand nombre de fois. Pour chaque réalisation on calcule les teneurs de blocs et on décide de la destination des blocs selon la teneur simulée. On peut alors calculer le profit associé à chaque réalisation. L'ensemble des réalisations permet d'obtenir une distribution des profits et de construire l'intervalle désiré.

Q7

a) 1.2, 2.2, 2.1, 2.0, 1.2

b) $E[\text{erreur simulée}] = 0$ donc $EZ_{sc} = Z^*$ la valeur krigée

l'erreur d'estimation est $(Z - Z^*) + (Z_s - Z_s^*)$. Les deux termes sont indépendants. Chaque terme a une variance de σ_{ks}^2 donc la variance de l'erreur est deux fois cette variance.

Q8 a) Au seuil 1% Cu correspond approximativement $p = 0.15$ sur la fonction de répartition donc le palier attendu est $0.15 * 0.85 = 0.1275$

b) $P(z < 3.5\%) = .2 * 1 + 0 * 0 + .25 * 1 + .45 * 0 + (1 - 0.9) * 0.7 = .52$ donc $P(z > 3.5) = 1 - 0.52 = 0.48$.

c) non car les poids seront tous identiques, on aura donc toujours une croissance ou stagnation de la probabilité, jamais de décroissance.

d) oui. On dit que les covariances sont proportionnelles donc on a autant de structure à chaque seuil. Pour un champ gaussien, on attend une diminution de la structure au fur et à mesure que l'on s'écarte de la médiane.

Q9 a) $3^2 = 9$ b) $2 * 2 + 2.2361 * 0.8944 = 6$ c) $0.5 * 0.8944 - 1.2 * 2.0494 = -2.012$ d) $2.2361 * 0.8944 = 2$ e) espace mémoire requis pour stocker la matrice.

Final 2018

Question 1 (12 points)

Des erreurs se sont glissées en construisant la matrice de gauche d'un système de cokrigage ordinaire impliquant 2 variables stationnaires Z et Y, où Z est mesurée aux points x_1 et x_2 et Y est mesurée aux points x_1 et x_3 . Pour les 2 variables, les effets de pépite ne varient pas d'un point à l'autre.

$$\begin{matrix} & Z1 & Y1 & Z2 & Y3 \\ \begin{matrix} Z1 \\ Y1 \\ Z2 \\ Y3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 6 & 5 & 1.9 & 0.8 & 1 & 0 \\ 5 & 10 & 1.6 & 1.7 & 0 & 1 \\ 1.9 & 1.6 & 7 & 2.7 & 1 & 0 \\ 0.8 & 4.1 & 2.7 & 10 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & = K \end{matrix}$$

4 pts a) Identifiez 4 erreurs évidentes dans cette matrice.

