|  |
| --- |
| Noms des membres de l’équipe |
|  |
|  |
|  |

Copier dans votre répertoire usager tous les fichiers présents sur geostat\glq3401\2020\tp10 et identifiez votre répertoire usager comme répertoire de travail dans Matlab.

**Objectifs:** - Vérifier les propriétés des simulations non-conditionnelles et conditionnelles

- Apprendre à interpréter les résultats d'une simulation

## Simulations non conditionnelles

On simule 250 réalisations (méthode de Choleski) en 1D d'un processus ayant un variogramme sphérique avec C0=0, C=10 et a=50 et une distribution normale de moyenne 7 et de variance 10. Pour chaque réalisation 100 valeurs sont générées (coordonnée x de 1 à 100). Le programme « voir1 » permet de visualiser les 9 premières réalisations puis les 50e, 100e ...250e.

Faites **>>voir1**, assurez-vous que la figure 2 est visible. Le programme fait des pauses et attend que vous relanciez l’exécution avec « enter ». Examinez attentivement les résultats et répondez aux questions suivantes une fois l’exécution terminée (le >> doit être visible) :

*Q1.* **(1pts)** *Comment interprétez-vous le fait que le variogramme expérimental, pour une réalisation donnée, s'écarte du modèle que l'on veut simuler ? Qu'en est-il de la moyenne des 250 variogrammes expérimentaux ?*

*Q2.* **(1pts)** *Si l’on se place à une coordonnée quelconque et que l'on calcule la moyenne des 250 réalisations ainsi que la variance que devrait-on obtenir ? Vérifiez votre intuition en exécutant:* >>**voir1b***(produit les figures 8 et 9). Discutez (voir la note qui suit).*

Note : Pour jauger les écarts observés, tenez compte que la variance de la moyenne est . Ici =10 et n=250. De même, . La valeur critique correspondant à 97.5% pour une N(0,1) est 1.96. Les valeurs critiques correspondant à 2.5% et 97.5% pour une  sont [207.2, 296.6]. Les intervalles de confiance de niveau 95% sont donc [6.6 , 7.4] pour la moyenne et [8.32, 11.83] pour s2. Assurez-vous de bien comprendre comment les intervalles sont construits à partir des informations fournies. De plus, comme le montre la figure 9, la moyenne et la variance des 250 réalisations en chaque point sont des signaux corrélés spatialement, ce qui n’est pas étonnant considérant que chaque signal entrant dans la moyenne est autocorrélé.

## Simulations conditionnelles

On considère que la 200e réalisation non-conditionnelle est notre réalité. On échantillonne cette réalité aux points de coordonnée x=1,11,21,31,41,51,61,71,81 et 91. On effectue maintenant une simulation conditionnelle (250 réalisations) à ces 10 valeurs.

Faites **>>voir2** assurez-vous que la figure 3 est visible. Le programme fait des pauses; vous relancez avec « enter ». Examinez attentivement les résultats et répondez aux questions suivantes :

*Q3.* **(1pts)** *Comparez la dispersion des réalisations conditionnelles à celle des réalisations non-conditionnelles.*

*Q4.* **(1pts)** *Que se passe-t-il concernant la reproduction du modèle de variogramme ? Donnez une explication pour ce phénomène.*

*Q5.* **(1pts)** *Si l’on se place à une coordonnée quelconque et que l'on calcule la moyenne des 250 réalisations ainsi que la variance (ou l'écart-type) que devrait-on obtenir ? Vérifiez votre intuition en exécutant* **>>voir3** (produit la figure 4)

(Note : le krigeage simple a été réalisé en prenant le modèle théorique de variogramme (vert clair) ayant servi à l'ensemble des simulations et la moyenne des 10 observations).

## Un exemple minier d'utilisation des simulations

**Contexte:**

On a un niveau d'une mine de Cu exploitée à ciel ouvert et comprenant 25 x 40 blocs de 10 m x 10 m x 10 m. On suppose que, suite à un échantillonnage intensif, l'on connaît la teneur de 10 blocs parmi les 1000. La distribution de la teneur des blocs est lognormale. On connaît le variogramme des logarithmes des teneurs de blocs et celui-ci est sphérique, isotrope, avec a=120 m, C0=0 et C=1.5 %2. La distribution de la teneur des blocs est lognormale.

**Objectifs:**

* Fournir une estimation des tonnages, quantités de métal, teneurs et profits conventionnels obtenus en fonction de teneurs de coupure allant de 0.5% Cu à 2% Cu.
* **Fournir un intervalle de confiance sur ces quantités.**

**Méthode:**

On effectue une centaine de réalisations du gisement (méthode Choleski). Pour chaque gisement simulé, on applique les teneurs de coupure et l'on calcule les fonctions de récupération demandées. On peut calculer la moyenne de ces fonctions ce qui fournira l'estimation désirée (1er objectif). En classant les 100 valeurs et en retenant, par exemple, la 15e et la 85e, on forme ainsi un intervalle de confiance de niveau 70% (2e objectif).

Note: on a réalisé la simulation avec les logarithmes des teneurs puis on a effectué la transformation inverse avant de calculer les fonctions de récupération.

* Visualisez l'emplacement des 10 blocs connus ainsi que leur teneur : **>>go** (produit figure 11), puis **>>datamine** (donne les valeurs dans la fenêtre matlab)
* Effectuez la simulation conditionnelle par méthode de Choleski (100 réalisations): **>>gosimul** (aucune sortie n’est produite)
* On effectue aussi le krigeage ordinaire (directement sur les teneurs) en utilisant le variogramme théorique déduit du variogramme des logarithmes Cz(h)=m2(exp(Clog(h))-1) **>>kriger** (aucune sortie n’est produite)
* Visualisez la carte obtenue par krigeage, celle obtenue en faisant la moyenne des 100 simulations et les cartes obtenues pour 3 réalisations particulières du gisement ainsi que la réalité : **>>visualiser**. (produit figure 31). Agrandissez cette figure plein écran.

*Q6.* **(0.5pts)** *Observez sur les différentes cartes la couleur des 10 pixels correspondant aux points échantillons. Que notez-vous?*

Q7 **(0.5pts)** Comparez entre elles les cartes de krigeage et de la moyenne des simulations. Comparez aussi ces deux cartes avec les 3 réalisations et la réalité. Indiquez vos principales observations.

* Calculez et affichez les fonctions de récupération que l’on applique soit aux valeurs krigées soit aux différentes réalisations: **>>recu** (produit les figures 21 à 24; ignorez la figure 224). Note : Le profit conventionnel est défini comme P(c)=T(c)(m(c)-c).

Pour chaque teneur de coupure, on calcule la récupération lorsqu’on effectue la sélection à partir des valeurs simulées (une réalisation après l’autre). La valeur moyenne (moyenne sur les 100 réalisations) de cette récupération est en bleu, le 15e percentile en vert, le 85e percentile en rouge. On calcule aussi la récupération en utilisant les vraies valeurs (en mauve). Finalement on donne aussi la récupération prédite et celle obtenue réellement à partir des valeurs krigées (turquoise et noir), i.e. celle obtenue en sélectionnant sur la valeur krigée mais en calculant m(c), Q(c) et P(c) avec la teneur vraie.

*Q8.* **(0.5pts)** *L'intervalle de confiance fourni par les simulations inclut-il la valeur optimale que l'on obtiendrait si l'on connaissait parfaitement les teneurs des blocs au moment de la sélection?*

**Important** : Le profit conventionnel moyen des simulations est obtenu en calculant le profit sur chaque réalisation séparément (i.e. on sélectionne chaque bloc sur la foi de sa teneur simulée) et en prenant la moyenne des profits obtenus pour chaque réalisation. Cette moyenne ne doit pas être confondue avec le profit que l’on calcule lorsque l’on utilise la moyenne des teneurs des simulations pour sélectionner les blocs et calculer le profit.

*Q9.* **(0.5pts)** *Comment se compare le profit conventionnel prédit par krigeage avec le profit conventionnel moyen des simulations. Expliquez pourquoi l’on observe cette différence.*

*Q10.* **(0.5pts)** *À quelle courbe ressemblerait la courbe de profit conventionnel prédite à partir de la moyenne des simulations (voir figure 31).*

*Q11.* **(1pts)** *Comparez le profit conventionnel prédit par le krigeage et ce qui est réellement récupéré lorsque la sélection est faite à partir des valeurs krigées. Quelle propriété du krigeage permettait de prévoir ce résultat ?*

Q12. **(0.5pts)** Calculez la moyenne des erreurs au carré obtenues par krigeage et par simulation conditionnelle (i.e. on estime un bloc donné par la valeur à ce bloc d’une des 100 réalisations, l’erreur est calculée et la moyenne est faite ensuite pour les 1000 blocs et les 100 réalisations) en faisant : **>>erreur**. Que notez-vous?

On reprend tout le traitement mais cette fois avec 100 échantillons au lieu de 10 : faites >>**go2**. Les anciennes figures 11, 31 et 21 à 24 (avec n=10) sont recopiées sur 111, 131 et 121 à 124. Les figures 11,31, et 21 à 24 contiennent maintenant les résultats avec n=100 (ignorez la figure 224).

*Q13.* **(0.5pts)** *Décrivez et interprétez les principales différences et similitudes observables entre les figures 31 et 131?*

*Q14.* **(0.5pts)** *Décrivez et interprétez les principales différences et similitudes entre les figures 24 et 124.*