Examen 2007

QUESTION 1 (20 points)

La demande biologique en oxygène (DOB) est mesurée sur un spécimen d'eau provenant d'une rivière donnée. Les résultats obtenus sont indiqués au tableau suivant :

Temps (jours)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
DBO (mg/litre)	0,6	0,7	1,5	1,9	2,1	2,6	2,9	3,7	3,5	3,7	3,8

a) *En supposant que le modèle de régression linéaire simple est approprié,* ***ajuster le modèle*** *reliant le DBO (y) au temps (x).*

N.B. Dans la détermination du modèle, on calculera les quantités : $\sum x_i$, $\sum y_i$, $\sum x_i^2$, $\sum y_i^2$, $\sum x_i y_i$. Puis on indiquera clairement les formules utilisées pour ajuster le modèle.

b) ***Tester la signification du modèle de régression*** *obtenu en a) pour un niveau de signification* $\alpha = 0{,}01$.

c) ***Calculer le coefficient de détermination*** *du modèle et* ***interpréter*** *la valeur obtenue.*

QUESTION 2 (30 points)

Des essais sur route ont été réalisés sur des véhicules automobiles à essence, modèle 2005, fabriqués chez Daimler-Chrysler. Le tableau suivant fournit une partie des résultats obtenus sur une partie des véhicules testés :

	Voiture	Miles/gallon (mpg)	Cylindrée (po^3)	Emission de CO_2 (g/mile)
		y	x_1	x_2
1	300C/SRT-8	30.8	215	288
2	Caravan 2WD	32.5	201	274
3	Crossfire Roadster	35.4	196	250
4	Dakota Picup 2WD	28.1	226	316
5	Dakota Pickup 4WD	24.4	226	365
6	Durango 2WD	24.1	348	367
7	Grand Cherokee 2WD	28.5	226	312
8	Grand Cherokee 4WD	24.2	348	369
9	Liberty/Cherokee 2WD	32.8	148	270
10	Liberty/Cherokee 4WD	28.0	226	317
11	Neon/SRT-4/SX 2.0	41.3	122	214
12	Pacifica 2WD	30.0	215	295
13	Pacifica AWD	28.2	215	314
14	PT Cruiser	34.1	148	260
15	Sebring 4-DR	35.1	165	252
16	Stratus 4-DR	37.9	148	233
17	Town & Country 2WD	33.8	148	262
18	Wrangler/TJ 4WD	26.4	148	337

On commence par déterminer le modèle de régression linéaire simple de *y* par rapport à la variable x_1 seule. Pour ce modèle, on a obtenu les quantités suivantes :

$$\sum x_i = 3669\,;\ \sum y_i = 555{,}6\,;\ \sum x_i^2 = 815633\,;\ \sum y_i^2 = 17553{,}12\,;\ \sum x_i y_i = 109298{,}4$$

$$SS_R = 230{,}40\,;\ SS_E = 173{,}20\,;\ S_{yy} = 403{,}60$$

Le modèle de régression linéaire simple obtenu par rapport à la variable x_1 seule est:

$$\hat{y} = 42{,}75 - 0{,}0583\, x_1$$

a) ***Déterminer le modèle de régression linéaire multiple*** *de y par rapport aux deux variables explicatives* x_1 et x_2 *en utilisant les informations suivantes* :

$$\left([X]^T[X]\right)^{-1} = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{01} & C_{02} \\ C_{10} & C_{11} & C_{12} \\ C_{20} & C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,8880249 & 4,23954x10^{-3} & -12,566444x10^{-3} \\ 4,23954x10^{-3} & 3,84221x10^{-5} & -4,10354x10^{-5} \\ -12,566444x10^{-3} & -4,10354x10^{-5} & 7,11529x10^{-5} \end{bmatrix};$$

$$[X]^T\{y\} = \begin{Bmatrix} 555,6 \\ 109\,298,4 \\ 159646,8 \end{Bmatrix}$$

b) ***L'ajout de la deuxième variable explicative*** x_2 *au modèle initial* ***est-il justifié*** *?* ***Étayez votre réponse*** *par des calculs appropriés.*

c) ***Construire un intervalle bilatéral de confiance à 95% pour le paramètre β_2*** *du modèle de régression linéaire multiple.*

<u>QUESTION 3</u> (25 points)

On considère un site contaminé par un polluant. La teneur du polluant dans le sol présente un modèle variogramme sphérique isotrope en 2D avec effet de pépite: C_0 = 0,20 $(\%)^2$, C = 3,80 $(\%)^2$, portée a = 1,5 m. On fournit au tableau suivant les teneurs observées en six points du site. (On note que les six points sont à égale distance de l'origine et sont régulièrement placés sur un cercle de centre (0,0)):

point	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Teneur Z($\mathbf{x_i}$)
$\mathbf{x_1}$	0.0	1.0	3.10
$\mathbf{x_2}$	$\sqrt{3}/2$	0.5	6.2
$\mathbf{x_3}$	$\sqrt{3}/2$	-0.5	1.3
$\mathbf{x_4}$	0.0	-1.0	5.4
$\mathbf{x_5}$	$-\sqrt{3}/2$	-0.5	4.3
$\mathbf{x_6}$	$-\sqrt{3}/2$	0.5	1.7

a) ***Tracer un croquis clair du modèle de variogramme et du modèle de covariance***.

b) On désire estimer la teneur en polluant au point $\mathbf{x_0}$ de coordonnées (x_0 = 0, y_0 = 0,50).
Écrire (sans le résoudre) le système complet de krigeage ordinaire sous forme matricielle.

c) *Si la solution du système obtenu en b) est :*

$$\begin{Bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \mu \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0,4894 \\ 0,1967 \\ 0,0378 \\ 0,0416 \\ 0,0378 \\ 0,1967 \\ \mu \end{Bmatrix},$$

alors, on demande de ***déterminer: 1) la valeur de*** μ *, 2)* ***la valeur de la teneur en polluant au point*** $\mathbf{x_0}$ *et 3)* ***la variance de l'erreur de krigeage***.

Examen 2008

QUESTION 1

On dispose des données suivantes pour treize (n=13) petits bassins quelque part en Amérique du Nord.

Bassin versant	**Ruissellement** (moyenne annuelle) (pouces)	**Précipitation** (moyenne annuelle (pouces)	**Périmètre** (miles)	**Pente moyenne** (pieds/mile)
	y	x_1	x_2	x_3
1	17.38	44.37	7.93	332
2	14.62	44.09	7.65	55
3	15.48	41.25	11.61	77
4	14.72	45.50	5.31	68
5	18.37	46.09	11.35	68
6	17.01	49.12	5.89	230
7	18.20	44.03	12.59	44
8	18.95	48.71	12.33	72
9	13.94	44.43	6.81	40
10	18.64	47.72	9.87	115
11	17.25	48.38	3.93	352
12	17.48	49.00	3.79	300
13	13.16	47.03	5.19	39

On fournit les informations additionnelles suivantes obtenues de la recherche du modèle de régression linéaire multiple de y sur x_1, x_2 et x_3:

$$\sum x_{i1} = 599{,}73 \; ; \; \sum x_{i2} = 104{,}25 \; ; \; \sum x_{i3} = 1792 \; ; \; \sum y_i = 215{,}2 \; ; \; \sum y_i^2 = 3607{,}3288$$

$$\left([X]^T[X]\right)^{-1} = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{01} & C_{02} & C_{03} \\ C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{20} & C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{30} & C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 41{,}5925882 & -0{,}85782281 & -0{,}28613100 & 0{,}00256004 \\ -0{,}85782281 & 0{,}01825158 & 0{,}00375494 & -0{,}00010367 \\ -0{,}28613100 & 0{,}00375494 & 0{,}01182924 & 0{,}00013089 \\ 0{,}00256004 & -0{,}00010367 & 0{,}00013089 & 8{,}50939\text{E}-06 \end{bmatrix}$$

$$[X]^T\{y\} = \begin{Bmatrix} 215{,}2 \\ 9949{,}6957 \\ 1760{,}2826 \\ 30624{,}28 \end{Bmatrix} \quad , \quad \begin{Bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -9{,}62311296 \\ 0{,}42914398 \\ 0{,}61633092 \\ 0{,}01042268 \end{Bmatrix}$$

a) En utilisant les informations fournies, vérifier la valeur de l'estimateur de β_2.

b) Tester la signification du modèle de régression. On prendra un seuil de signification de **0,025**.

c) Calculer le coefficient de détermination.

<u>QUESTION 2</u> (35 points)

Le tableau suivant montre la distribution conjointe des fréquences de la longueur de la tête (x) et de la largeur de la tête (y) chez 3000 criminels (données de Scotland Yard publiées en 1901 par W.R. Macdonell dans Biometrika, 1, 177).
On considère l'ensemble des 3000 couples (x, y) comme un échantillon aléatoire tiré d'un vecteur de deux variables aléatoires normales (X,Y).

Distribution conjointe de fréquences de la longueur de la tête (x) et de la largeur de la tête (y) chez 3000 criminels

Longueur de la tête (cm)	Largeur de la tête (cm)								
	13 ≤ y < 13,5	13,5 ≤ y < 14	14 ≤ y < 14,5	14,5≤ y < 15	15 ≤ y < 15,5	15,5 ≤ y < 16	16 ≤ y < 16,5	16,5 ≤ y < 17	Total
16 ≤ x < 16,5	0	0	0	0	1	0	0	0	1
16,5 ≤ x < 17	0	0	1	0	1	0	0	0	2
17 ≤ x < 17,5	0	5	4	4	1	0	0	0	14
17,5 ≤ x < 18	1	8	17	15	11	2	0	0	54
18 ≤ x < 18,5	0	6	55	119	74	14	1	0	269
18,5 ≤ x < 19	0	5	108	264	234	75	6	1	693
19 ≤ x < 19,5	0	10	72	360	400	156	26	2	1026
19,5 ≤ x < 20	0	1	28	174	239	160	36	7	645
20 ≤ x < 20,5	0	2	4	31	86	100	24	2	249
20,5 ≤ x < 21	0	0	1	4	17	17	5	0	44
21 ≤ x < 21,5	0	0	1	0	0	1	0	1	3
Total	1	37	291	971	1064	525	98	13	3000

De plus on fournit les résultats suivants :

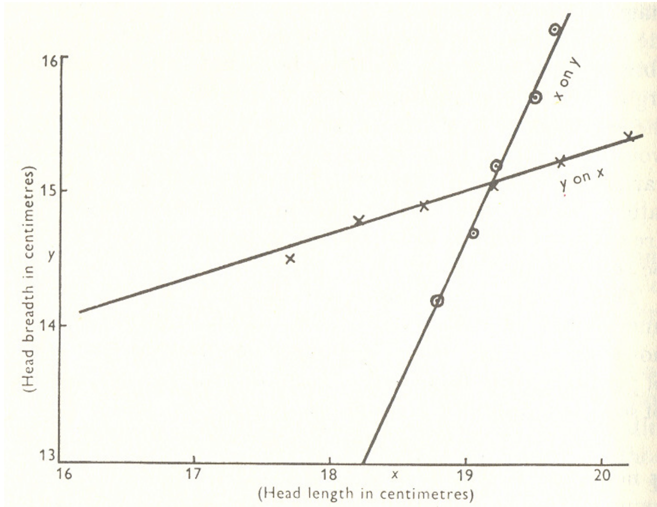
$$\bar{x} = 19{,}17cm \; ; \; s_x^2 = 0{,}387cm^2 \; ; \; \bar{y} = 15{,}049cm \; ; \; s_y^2 = 0{,}270cm^2 \; ; \; r = 0{,}377$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1}\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 0{,}122cm^2 \,.$$

Régression de y sur x : $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x = 9{,}010 + 0{,}315\,x$

Régression de x sur y : $\hat{x} = \hat{\beta}_0' + \hat{\beta}_1' y = 12{,}368 + 0{,}452\,y$

La figure suivante montre les deux droites de régression. Sur cette figure, chaque symbole × représente la moyenne des y pour une longueur de tête x donnée, tandis que chaque ∘ représente la moyenne des x pour une largeur de tête donnée.



N.B. Noter que : ‘head length’ = ‘longueur de la tête’; ‘head breadth’ = ‘largeur de la tête’.

On **demande** :

a) d’expliquer succinctement **pourquoi** on obtient **deux droites** de régression différentes;
b) d’énoncer une propriété particulière du point d’intersection des deux droites de régression;
c) de **démontrer** que : $\hat{\beta}_1 \hat{\beta}_1^{'} = r^2$ et de **vérifier ensuite** que les données fournies ne contredisent pas cette relation;
d) de montrer **comment on calcule** l’estimateur de: $E(Y | X = x_0)$ et celui de $E(X | Y = y_0)$

<u>QUESTION 3</u> (20 points)

Des vingt (20) affirmations suivantes, dire **lesquelles sont vraies**, **lesquelles sont fausses**. Pour une affirmation donnée, la fonction aléatoire Z(x) est soit stationnaire d’ordre 2, soit intrinsèque. Dans une affirmation qui ne la précise pas explicitement, on fera l’une ou l’autre de ces deux hypothèses. On fournira les réponses au tableau et il n’est pas nécessaire de les justifier.

	Affirmations	Vraies	Fausses
1	Le variogramme expérimental est un estimateur sans biais du variogramme théorique		
2	Le variogramme expérimental n’est pas un estimateur sans biais du variogramme théorique		
3	Si Z(x) est stationnaire, sa moyenne m(x) n’est pas constante		
4	Si Z(x) est stationnaire, sa moyenne est constante		
5	Si Z(x) est intrinsèque, sa moyenne m(x) n’est pas constante		
6	Si Z(x) est intrinsèque, sa moyenne est constante		
7	Si Z(x) est stationnaire, sa variance augmente avec la taille du domaine		
8	Si Z(x) est stationnaire, sa variance est constante		
9	Si Z(x) est intrinsèque, sa variance est infinie		
10	Si Z(x) est intrinsèque, sa variance est constante mais inconnue		
11	Si Z(x) est stationnaire, son variogramme n’a pas de palier		
12	Si Z(x) est stationnaire, son variogramme a un palier		
13	Si Z(x) est intrinsèque, son variogramme existe et a un palier		
14	Si Z(x) est intrinsèque, son variogramme existe et n’a pas de palier		
15	Si Z(x) est intrinsèque, sa covariance existe et a une portée *a*		
16	Si Z(x) est intrinsèque, sa covariance n’existe pas		
17	Le krigeage ordinaire est un interpolateur exact même en présence d’un effet de pépite		

18	Le krigeage ordinaire est un interpolateur exact sauf en présence d'un effet de pépite		
19	La variance de l'erreur de krigeage ordinaire ne dépend pas des données observées z(xi), mais dépend de leurs coordonnées et du variogramme (ou de la covariance)		
20	La variance de l'erreur de krigeage ordinaire dépend des données observées z(xi), dépend de leurs coordonnées et dépend du variogramme (ou de la covariance)		

<u>QUESTION 4</u> (40 points)

On considère un site contaminé par un polluant. La teneur du polluant dans le sol présente un modèle de variogramme gaussien isotrope en 2D avec effet de pépite: $C_0 = 5$ (ppm)^2, $C = 5$ (ppm)^2 , portée effective $a = 10$ m. On fournit au tableau suivant les teneurs observées en sept points du site.

point	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Teneur Z($\mathbf{x_i}$) (ppm)
$\mathbf{x_1}$	61,0	139,0	477
$\mathbf{x_2}$	63,0	140,0	696
$\mathbf{x_3}$	64,0	129,0	227
$\mathbf{x_4}$	68,0	128,0	646
$\mathbf{x_5}$	71,0	140,0	606
$\mathbf{x_6}$	73,0	141,0	791
$\mathbf{x_7}$	75,0	128,0	783

a) **Tracer, sans aucuns calculs, un croquis clair et juste montrant l'allure du modèle de variogramme et du modèle de covariance**.

b) On désire estimer la teneur en polluant en un point $\mathbf{x_0}$ de coordonnées (x_0 , y_0) où il n'y a pas eu d'observation. Le système de krigeage ordinaire en fonction de la covariance est construit en plaçant dans l'ordre les observations 1 à 7 :

$$\begin{bmatrix} D & 4{,}30354 & 0{,}19003 & 0{,}03048 & 0{,}24158 & 0{,}05898 & 0{,}0003705 & 1 \\ 4{,}30354 & 10 & 0{,}12866 & 0{,}03141 & 0{,}73303 & 0{,}24158 & 0{,}0008844 & 1 \\ 0{,}19003 & 0{,}12866 & 10 & 3{,}00248 & 0{,}03048 & 0{,}00585 & 0{,}12866 & 1 \\ 0{,}03048 & 0{,}03141 & 3{,}00248 & 10 & 0{,}05076 & 0{,}01484 & A & 1 \\ 0{,}24158 & 0{,}73303 & 0{,}03048 & 0{,}05076 & 10 & 4{,}30354 & 0{,}041149 & 1 \\ 0{,}05898 & 0{,}24158 & 0{,}00585 & 0{,}01484 & 4{,}30354 & 10 & 0{,}02786 & 1 \\ 0{,}0003705 & 0{,}0008844 & 0{,}12866 & B & 0{,}041149 & 0{,}02786 & 10 & G \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & E & F \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \lambda_7 \\ \mu \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C(x_0,x_1) \\ C(x_0,x_2) \\ C(x_0,x_3) \\ C(x_0,x_4) \\ C(x_0,x_5) \\ C(x_0,x_6) \\ C(x_0,x_7) \\ H \end{Bmatrix}$$

Que valent les entrées : A, B, D, E, F, G, H ?

c) Si la solution du système écrit en b) pour le krigeage du point $\mathbf{x_0}$ (x_0 =65m, y_0=137m) est :

$$\begin{Bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \lambda_7 \\ \mu \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0{,}2144316 \\ 0{,}3128564 \\ 0{,}1227941 \\ 0{,}0671476 \\ 0{,}1611282 \\ 0{,}0482005 \\ 0{,}0734417 \\ -0{,}813824 \end{Bmatrix},$$

alors, on demande **d'estimer par la valeur de la teneur en polluant au point $\mathbf{x_0}$**.

d) À l'aide du système donné en b) on a krigé quelques points le long de la ligne droite d'azimut 135° passant par les points d'observations $\boldsymbol{x_2}$ et $\boldsymbol{x_7}$. Le tableau ci-après montre les résultats obtenus :

Point $\mathbf{x_0}$	Coord. x (m)	Coord. y (m)	Valeur krigée $Z^*_{KO}(\mathbf{x_0})$ (ppm)	Variance de krigeage $\sigma^2_{KO}(\mathbf{x_0})$ (ppm)^2
a	61	142	599,6	8,34
$\mathbf{a_2}$	62,98	140,02	604,2	7,11
$\mathbf{x_2}$	63	140	**?**	**?**
$\mathbf{b_2}$	63,02	139,98	604,2	7,11
b	65	138	599,4	8,34
c	67	136	587,6	9,68
d	69	134	595,8	10,03
e	71	132	636,8	9,65
f	73	130	684,2	8,58
$\mathbf{f_7}$	74,98	128,02	700,0	7,88
$\mathbf{x_7}$	75	128	**?**	**?**
$\mathbf{g_7}$	75,02	127,98	699,8	7,88
g	77	126	675,1	9,20

Déterminer les valeurs manquantes du tableau ci-dessus. Expliquer vos réponses.

Corrigé 2007

1- a) n=11. On calcule : $\sum x_i$ =111; $\sum y_i$ = 27, $\sum x_i^2$ =1541, $\sum y_i^2$ =80.36, $\sum x_i y_i$ =347.4.
S_{yy}=80.36-27^2/11=14.09

=> S_{xx}=1541-111^2/11=420.91 S_{xy}=347.4-27*111/11=74.945
=> b_1=S_{xy} /S_{xx}= 74.945/420.91=0.178
=> b_0= 27/11-0.178*111/11=0.658

donc y=0.658+0.178*t+ e

b) On calcule SS_R=b_1*S_{xy} = 0.178*74.945 = 13.34 SS_e=S_{yy} – SS_r=14.09-13.34 = 0.74

Test : H_0 β_1=0 vs H_1 $\beta_1 \neq 0$
F_0=(13.34/1) / (0.74/9)=162.2 > $F_{1,9,.01}$=10.56 on rejette fortement H_0

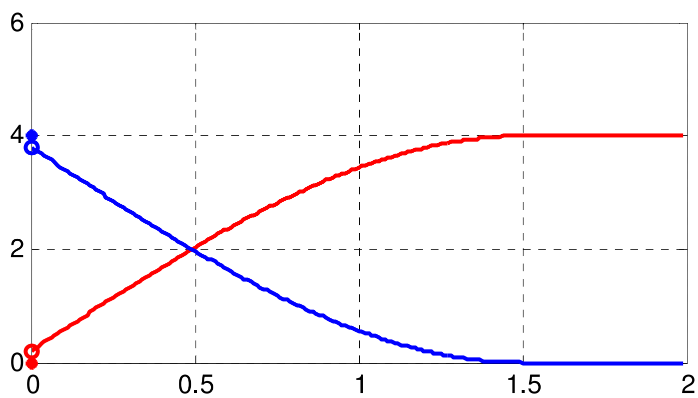
c) R^2= SS_r/S_{yy}=13.34/14.09= 0.947. La régression explique 95% de la variation de y, ce qui est considérable.

2- a) On calcule b=$(X'X)^{-1}$(X'Y) =[61.77 0.00379 -0.10768]'; y= 61.77 + 0.00379 x_1 – 0.10768*x_2 + e

b) On calcule SS_r (b1,b2) = b'X'y =[61.77 0.00379 -0.10768] [555.6 109298.4 159646.8]=17543
et donc SS_e(complet)= 17553-17543=10
Test d'ajout: F_0= (173.2-10)/(10/(18-3))=244.5 > $F_{1,15,.01}$=8.68 On rejette fortement donc le coefficient b2 est significatif.

c) -0.10768 ± $t_{15,2.5\%}$ $(10/15 * 7.11x10^{-5})^{0.5}$ = [-0.122 , -0.093]

3- a)



b) k b=k0
avec k=

4	0.563	0	0	0	0.563	1
0.563	4	0.563	0	0	0	1
0	0.563	4	0.563	0	0	1
0	0	0.563	4	0.563	0	1
0	0	0	0.563	4	0.563	1
0.563	0	0	0	0.563	4	1
1	1	1	1	1	1	0

k0=

1.9704
0.8748
0.0764
0
0.0764
0.8748
1

c) μ = -2.089

Z_0^*= 0.4894* 3.1+ 0.1967*6.2+....0.1967*1.7 = 3.507

σ_{ko}^2 =4-b'k0 = 2.895

Corrigé 2008

1- a) on fait le produit scalaire de la 3^e ligne de $(X'X)^{-1}$ avec le vecteur X'y.

b) On a SS_r=b'X'y = 3603.1 (inclut l'effet de la moyenne) => SS_e=3607.3-3603.1 = 4.3

SS_r sans effet de la moyenne : 3603.1 -13 $(215.2/13)^2$= 40.7

F_0= (40.7/3) / (4.3/(13-4))= 28.6 > $F_{3,9,.025}$= 5.08 => régression significative

c) 40.7/ (3607.3-13 $(215.2/13)^2$= 0.905

(réponses à des erreurs d'arrondis près)

2- a) La régression de la loi binormale est une régression linéaire.. Dans le premier cas, on b1= S_{xy}/S_{xx} et dans l'autre b1'=S_{xy}/S_{yy} . Clairement les pentes sont différentes. Ceci est dû au fait que dans un cas on minimise la somme des écarts au carré à la droite mesurés parallèlement à y (régression de y sur x) et dans l'autre cas parallèlement à l'axe des x (régression de x sur y).

b) L'intersection se fait en ($\bar{x}, \bar{y}$) puisque toute droite de régression passe par ce point.

c) b1= S_{xy}/S_{xx} et b1'=S_{xy}/S_{yy} => b1*b1'=$S_{xy}^2/(S_{xx}S_{yy})=r^2$

$r^2=0.122^2/(0.270*0.387)=0.0142$ et b1*b1'= 0.315*0.452=0.0142

d) On applique les deux équations de régression précédentes.

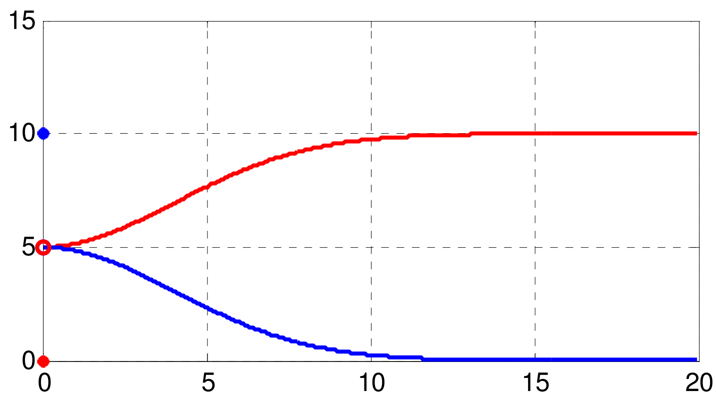
3-

Note : Un processus stationnaire est aussi intrinsèque. Un processus intrinsèque pet être stationnaire ou non. L'énoncé indique que l'on s'intéresse aux seuls processus intrinsèques qui ne sont pas stationnaires (i.e. le processus est soit stationnaire, soit intrinsèque (sans être stationnaire)).

	Affirmations	Vraies	Fausses
1	Le variogramme expérimental est un estimateur sans biais du variogramme théorique	X	
2	Le variogramme expérimental n'est pas un estimateur sans biais du variogramme théorique		X
3	Si Z(x) est stationnaire, sa moyenne m(x) n'est pas constante		X
4	Si Z(x) est stationnaire, sa moyenne est constante	X	
5	Si Z(x) est intrinsèque, sa moyenne m(x) n'est pas constante		X
6	Si Z(x) est intrinsèque, sa moyenne est constante	X	
7	Si Z(x) est stationnaire, sa variance augmente avec la taille du domaine		X
8	Si Z(x) est stationnaire, sa variance est constante	X	

9	Si Z(x) est intrinsèque, sa variance est infinie	X	
10	Si Z(x) est intrinsèque, sa variance est constante mais inconnue		X
11	Si Z(x) est stationnaire, son variogramme n'a pas de palier		X
12	Si Z(x) est stationnaire, son variogramme a un palier	X	
13	Si Z(x) est intrinsèque, son variogramme existe et a un palier		X
14	Si Z(x) est intrinsèque, son variogramme existe et n'a pas de palier	X	
15	Si Z(x) est intrinsèque, sa covariance existe et a une portée *a*		X
16	Si Z(x) est intrinsèque, sa covariance n'existe pas	X	
17	Le krigeage ordinaire est un interpolateur exact même en présence d'un effet de pépite	X	
18	Le krigeage ordinaire est un interpolateur exact sauf en présence d'un effet de pépite		X
19	La variance de l'erreur de krigeage ordinaire ne dépend pas des données observées z(xi), mais dépend de leurs coordonnées et du variogramme (ou de la covariance)	X	
20	La variance de l'erreur de krigeage ordinaire dépend des données observées z(xi), dépend de leurs coordonnées et dépend du variogramme (ou de la covariance)		X

4 a)



b) A=B=Cov(Z_4,Z_7)=5 exp(-3 ($h^2/10^2$)) avec h^2= 7^2=49
5 exp(-3 (49/100))=1.1496
D=10;
E=G=H=1
F=0

c) Z_0^*=0.2144*477+....+0.07344*783 = 584.6

d) Les valeurs krigées sont égales aux valeurs observées à ces deux points (Z_2= 696 et Z_7=783), les variances de krigeage valent 0 pour les 2 points.