NIVEAU 4ième STATISTIQUES PROF : ZRIBI FATHI

1. **Covariance :**

**Introduction :**

En deuxième et en troisième année on a vu que la variance permet une mesure de l’écart à la moyenne des valeurs de la variable d’une série statistique simple. On peut se demander : existe-t-il un paramètre qui permet de mesurer la dispersion des points du nuage par rapport au point moyen dans le cas d’une série double ?

**Activité ( 1 , 1 )**

On considère les deux séries statistiques doubles suivantes :

La série A présente le taux global X ( en % ) de la population active en Tunisie et le taux Y ( en % ) de la population masculine active.

La série B présente le taux global X’ ( en % ) de la population active en Tunisie et le taux Y’ ( en % ) de la population féminine active

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SERIE A | 1966 | 1975 | 1984 | 1994 | 2004 |
| Taux global X | 46 | 50 | 51 | 48 | 46 |
| Taux masculine Y | 86 | 81 | 80 | 74 | 68 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SERIE B | 1966 | 1975 | 1984 | 1994 | 2004 |
| Taux global X’ | 46 | 50 | 51 | 48 | 46 |
| Taux masculine Y’ | 6 | 19 | 22 | 33 | 24 |

1. Construire dans deux repère différents, les nuages des points des deux séries A et B
2. Placer les points moyens de la série A et de la série B
3. Calculer le réel , où et sont respectivement les moyennes arithmétiques des variables X et Y
4. Calculer
5. Quelle est la série dont les points sont plus dispersés par rapport à son point moyen ?

**Définition :**

Soit ( X , Y ), une série statistique double sur un échantillon de taille n.

On appelle covariance de ( X , Y ) le réel noté défini par

où est la valeur observée pour l’individu i si X et Y sont discrètes, ou bien le centre de la classe si l’une des variables est continue.

**Conséquence :** On a  :

**Remarque :**

La variance permet une mesure de l’écart à la moyenne des valeurs de la variable d’une série statistique simple :

1. La covariance permet une mesure de la dispersion des points du nuage par rapport au point moyen
2. La covariance est positive si X et Y ont tendance à varier dans le même sens
3. La covariance est négative si X et Y ont tendance à varier en sens contraire

**Propriétés :**

Soient avec , une série statistique doubles, et on a :

et

**Activité ( 1 , 2 ) :**

On a relevé dans le tableau suivant le nombre de logements ( en milliers ) et le nombre de logements modernes ( villa, appartement) durant quelque années

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SERIE A | 1992 | 1998 | 2001 | 2008 | 2013 |
| X : nombre de logements | 1313 | 1512 | 1870 | 2204 | 2501 |
| Y : Nombre de logements modernes | 265 | 343 | 630 | 848 | 1128 |

Calculer et puis . Interpréter le résultat

**Définition :**

Soit ( X , Y ), une série statistique double sue un échantillon de taille n

Soit le nombre de fois qu’apparaît le couple

« 1 »

**Activité ( 1 , 3 ) :**

Le tableau ci-dessous donne le poids Y ( en kg ) de 63 nouveaux nés ainsi que le poids maternel X

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Y X |  |  |  |  |
|  | 1 | 0 | 1 | 0 |
|  | 11 | 17 | 13 | 2 |
|  | 4 | 4 | 8 | 2 |

1. Calculer et de X , ainsi que et de Y
2. Calculer  ; Interpréter le résultat
3. **Etude de la variable X :**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| : centres des classes | 45 | 55 | 65 | 75 |  |
|  | 16 |  | 22 |  |  |
|  | 2025 |  |  |  |  |
|  | 720 |  |  |  |  |
|  | 32400 |  |  |  |  |

Le calcule donne :

; et

1. **Etude de la variable Y :**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| : centre des classes | 2 | 3 | 4 |  |
|  | 2 |  |  |  |
|  | 4 |  |  |  |
|  | 4 |  |  |  |
|  | 8 |  |  |  |

Le calcule donne :

; et

1. **Dressons les couples distincts des valeurs observées et leurs effectifs :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Couples | (45,2) | (45,3) | (45,4) | (55,3) | (55,4) | (65,2) | (65,3) | (65,4) | (75,3) | (75,4) |
| Effectifs | 1 | 11 | 4 | 17 | 4 | 1 | 13 |  |  |  |
|  | 90 | 1485 |  |  |  |  |  |  |  |  |

Le calcule donne :

D’où x

**Utilisation d’une calculatrice :**

Pour choisir le mode de fonctionnement en statistiques, appuyer sur : « MODE » , « 1 » puis appuyer sur : « 1 » pour sélectionner le sous mode statistique à deux variables.

* Pour entrer les données, taper : « » ; « STO » ; «  » ; « STO » ; «  » ; « M+ » Par exemple pour le couple (45,2) taper : « 45 » ; « STO » ; « 2 » ; « STO » ; « 1 » ; « M+ » et ainsi de suite pour tout les autres couples. \*\*\* On appuie sur : « RCL » ; « n ». La calculatrice affiche : 63 \*\*\* On appuie sur : « RCL » ; «  ». La calculatrice affiche : …

\*\*\* On appuie sur : « RCL » ; «  ». La calculatrice affiche : …

\*\*\* On appuie sur : « RCL » ; «  » ; «  ». La calculatrice affiche : … V(X)

\*\*\* On appuie sur : « RCL » ; «  ». La calculatrice affiche : …

\*\*\* On appuie sur : « RCL » ; «  » ; « ÷ » ; « 63 » ; «-» ;« RCL » ;«  » ; « x » ;« RCL » ; «  » La calculatrice affiche : … ( la valeur de )

« 2 »

1. **Ajustement :**

**Introduction :**

L’analyse d’un nuage de point représentant une série statistique double peut conduire à la recherche d’une liaison entre les deux variables x et y . Cette liaison aide, entre autre, à faire des prévisions et à répondre à des questions parfois décisives.

Une question s’impose alors : peut-on trouver une formule mathématique qui exprime le lien entre les deux variables ? la réponse à cette question conduit à étudier le type de relation entre les deux variables (affine, polynomiale, homographique, logarithmique, exponentiel ). On parle d’ajustement

**Ajustement affine d’une série statistique double :**

1. **Méthode de Mayer :**

**Activité ( 2 , 1 )**

Le tableau ci-dessus donne le relevé des valeurs d’une action (en DT) sur 15 jours consécutifs d’une bourse.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jour X | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Valeur Y | 18.8 | 18.9 | 18.9 | 19.5 | 19.2 | 19 | 19.2 | 19.6 | 19.5 | 19.7 | 19.2 | 19.7 | 19.8 | 20 | 20.5 |

On note par le nuage des points associé à la série avec et le nuage des points restant.

1. Déterminer le point moyen de la première série
2. Déterminer le point moyen de la deuxième série
3. Déterminer l’équation de la droite
4. La droite passe telle par le point moyen de la série totale ?

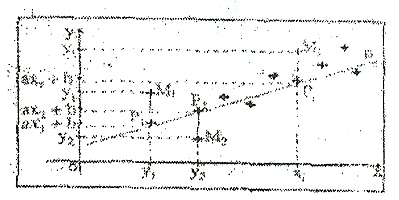
**Définition :**

Le principe de l’ajustement par la méthode de Mayer consiste à partager le nuage associé à une série en deux nuages dont le nombre de points diffère d’au plus un. On désigne par et les points moyens respectifs du premier et du deuxième nuage, la droite est appelée **droite de Mayer** on a

1. **Méthode d’ajustement par les moindres carrés :**

**Définition :**

Le principe de l’ajustement par la méthode des **moindres carrés** consiste à déterminer les réels a et b tels que la somme soit minimale avec ,



Le nuage de points d’une série statistique double, ainsi et le point de la droite D de même abscisse que . **On admet qu’une telle droite existe et qu’elle est unique. On l’appelle droite de régression de y en x .**

**Théorème :**

La droite de régression de y en x dans un repère orthogonal associée à la série statistique double (X , Y) est la droite qui passe par le point moyen et de coefficient directeur le réel

**Définition :**

Soit (X , Y) une série statistique double sur un échantillon de taille n

1. La droite d’équation est appelée droite des moindres carrés de Y en X, ou droite de régression de Y en X.
2. La droite d’équation est appelé droite des moindres carrées de X en Y, ou droite de régression de X en Y.

**« 3 »**

**Activité ( 2 , 2 ) :**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X :(en degré C°) | -2 | 0 | 4 | 8 | 10 |
| Y :(en litres) | 40 | 30 | 20 | 15 | 10 |

Dans le tableau ci-contre

X désigne la température moyenne extérieur en 24 heures et

Y désigne la consommation de pétrole de chauffage pour les mêmes 24 heures et pour une famille donnée

1. Déterminer le point moyen G de la série ( X , Y )
2. Représenter, dans un repère orthogonal le nuage de points  ; L’ajustement affine est-il possible ?
3. Donner une équation de la droite de régression de Y en X
4. Quelle prévision ( en litres ) sur sa consommation de pétrole peut faire la famille considérée, si une vague de froid persiste pendant 48 heures avec une température moyenne de (-4) C° ?
5. **Coefficient de corrélation linéaire :**

On peut toujours au vu des formules précédentes construire une droite de régression. Mais parfois cette dernière n’est d’aucune efficacité G, dans la mesure où les prédictions que l’on fait à partir de cette droite ne sont pas raisonnables. C’est le cas lorsqu’il n’existe pas réellement de corrélation entre les deux variables. Pour savoir si a est pertinent d’ajuster un nuage de point par les moindres carrés, on calcule un réel appelé coefficient de corrélation linéaire

**Définition :**

Soit (X , Y) une série statistique double. On appelle coefficient de corrélation linéaire le réel noté r(X , Y) défini par :

**Remarque :**

1. On a :
2. Si alors il y a une dépendance totale, l’une est une fonction affine de l’autre.
3. Si alors la corrélation entre X et Y est faible.
4. Si alors la corrélation entre X et Y est forte.
5. Si alors la corrélation entre X et Y est très forte.

**Activité ( 2 , 3 ) :**

Le tableau suivant donne l’effectif de la population scolaire de la 4ème année de l’enseignement secondaire du mois d’octobre 2008 au mois d’octobre 2013

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X : (année) | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Y : (population scolaire en 4ème ) | 77755 | 84581 | 89266 | 86138 | 90123 | 100087 |

1. Calculer le coefficient de corrélation linéaire
2. Déterminer un ajustement par les moindres carrés de la série double puis donner une estimation de la population scolaire en 4ème année secondaire au mois d’octobre 2015

**4)Exemples d’ajustements non affines d’une série double :**

**Activité ( 2 , 4 )**

Le tableau suivant donne l’évolution de salaires nets en indice, de base 100 en 2002 dans un pays industrialisé :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Année | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| X : (Rang) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Y : (Indice) | 100 | 97.6 | 96.8 | 98.4 | 98.3 | 99.8 | 103.3 | 106.7 |

1. a- Représenter la série double (X, Y) dans un repère orthogonal

b- Un ajustement affine est-il justifier ?

1. On se propose de faire un ajustement par une fonction polynôme de la forme
2. Déterminer les réels a, b et c pour avoir f , et
3. Construire dans le repère précédent
4. A l’aide de cet ajustement calculer la prévision de l’indice des salaires en 2015

**« 4 »**

**Activité ( 2 , 5 ) : ( ajustement logarithmique )**

Le tableau ci-dessous donne la production de pétrole de 1987 à 1997 suivant L’OPEP , x : le rang de l’année et y : la production ( en millions de tonnes ). On pose , les valeurs arrondies à près

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Année | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| Y : production | 944 | 1065 | 1137 | 1232 | 1231 | 1297 | 1332 | 1333 | 1368 | 1408 | 1423 |
| Rang : X | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|  | 0 | 0.69 | 1.1 | 1.39 | 1.61 | 1.79 | 1.95 | 2.08 | 2.2 | 2.3 | 2.4 |

1. a- Donner une équation de la droite de régression de Y en X de la série double (X , Y) sous la forme avec et arrondis à l’unité

b- En déduire une relation entre x et la production y :

1. a- Dans un même repère orthogonal, placer le nuage de points et représenter la fonction définie sur

b- A l’aide de cet ajustement, donner une estimation de la production de pétrole en 2015, si cette politique se poursuit

**Activité ( 2 , 6 ) : ( ajustement exponentiel )**

Le tableau suivant donne l’effet de la pollution sur la population piscicole d’une rivière de 2006 et 2011Soit un repère orthogonal, on pose , les valeurs arrondies de Z à près

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Année | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| X : (Rang) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Y : (Nombre de poissons) | 951.3 | 106.7 | 96.5 | 63.2 | 21 | 9.4 |
|  | 6.86 | 4.67 | 4.57 | 4.15 | 3 | 2.24 |

1. Représenter le nuage de points , dans ce repère
2. a- Calculer le coefficient de corrélation de (X , Z) et justifier que l’on peut procéder à un ajustement affine par les moindres carrés.

b- Donner une équation de la droite de régression de Z en X, sous la forme , en arrondissant et au centième

c- En déduire en utilisant l’égalité Z , un ajustement exponentiel de Y en X sous la forme

1. On suppose que l’évolution de cette population se poursuit sur le même modèle
2. A partir de quelle année cette population sera-t-elle inférieur à 1000 ?
3. Donner une estimation de la population de cette rivière en l’an 2014 ?

**Activité ( 2 , 7 ) : ( ajustement homographique )**

Le tableau suivant donne le taux d’équipement des ménages en automobile de 1969 à 2000 en France :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Année | 1969 | 1973 | 1977 | 1979 | 1980 | 1984 | 1986 | 1988 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1996 | 1998 | 2000 |
| Taux | 55.4 | 61.6 | 66.1 | 68.6 | 70 | 72.9 | 73.4 | 74.6 | 76.5 | 76.8 | 77 | 78 | 78.9 | 79.4 | 80 |

1. a- Déterminer l’ajustement affine par la méthode des moindres carrés de la série double (X , Y) en prenant : x : (Année – 1900 ) et Y : Taux et on donnera le coefficient à près et à près

b- En déduire la valeur du taux d’équipement en 2000 à l’aide de cet ajustement

Comparer le résultat trouvé à la valeur réel

1. On se propose de faire un ajustement par une fonction homographique de la forme

pour

1. Déterminer les réels k et m pour avoir et
2. Etudier la fonction
3. Calculer le taux en 2000 à l’aide de cet ajustement ; Comparer le résultat trouvé à la valeur réel
4. A l’aide de cet ajustement calculer la prévision du taux d’équipement en 2014

« 5 »