ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Plan du cours

1. Introduction
2. Statistique descriptive – séries univariées
3. Calcul des probabilités
4. Arbres de décision
5. Variables aléatoires et lois de probabilité
6. Statistique descriptive – séries bivariées
7. Méthodes de prévision

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Prévisions ?

Mobile phone parts makers say can't meet demand
Reuters, Fri December 5, 2003 02:49 AM ET

By Baker Li
TAIPEI, Dec 5 (Reuters) - Makers of handset components in Taiwan are struggling to supply big mobile phone companies with colour displays and camera lenses, and one company said the shortage of parts would continue into next year.
The problems are running through the supply chain, the component makers said on Friday, hampering phone makers' efforts to meet booming Christmas demand for camera phones.

…

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Série chronologique (SC)

- Suite de valeurs observées d'une variable Y au cours du temps.
- Instants d'observation :

$$\{t_1, t_2, \ldots, t_n\}$$

- Valeurs observées :

$$\{y_{t_1}, y_{t_2}, \ldots, y_{t_n}\}$$

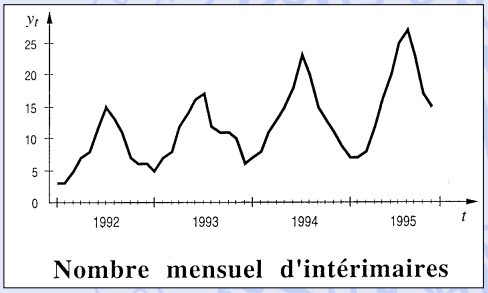
ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Hypothèses simplificatrices

- Dates d'observations sont équidistantes,
- Unité de temps :

$$\{y_1, y_2, \ldots, y_t, \ldots, y_n\}$$

- Exemple :



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Classification

- Variables d'intensité :
  - Niveau – à un moment donné
  - Exemples :
    - Température, taux de change, stocks, …
- Variables de débit :
  - Flux – sur une période donnée
  - Exemples :
    - Production, ventes, accidents de la route, …

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Prévisions

- À court terme :
  - Ventes, météo, …
- À moyen terme :
  - Rendements financiers, …
- À long terme :
  - Besoins énergétiques, infrastructures, …
- Origine de la prévision (T) : moment où la prévision est faite,
- Horizon de la prévision (h) : intervalle entre T et l'instant pour lequel la prévision est faite.
- Prévision ponctuelle :

$$\hat{y}_T(h)$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Composantes d'une SC

- T = tendance,
- C = composante cyclique,
- S = composante saisonnière,
- E = composante résiduelle (irrégulière).

➢ Principe de décomposition d'une SC :
  - Identifier les 4 composantes.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèles

- Modèle additif :

$$y_t = \underbrace{T_t + C_t}_{f_t} + S_t + E_t$$

- Modèle multiplicatif :

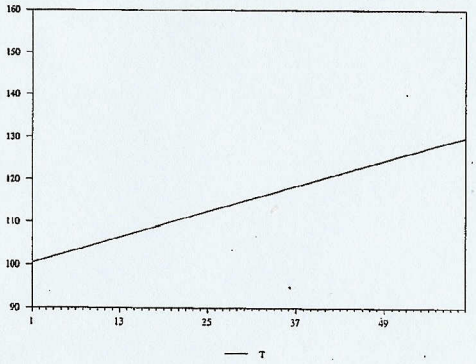
$$y_t = \underbrace{T_t \times C_t}_{f_t} \times S_t \times E_t$$

- Modèle mixte : combinaison des deux.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

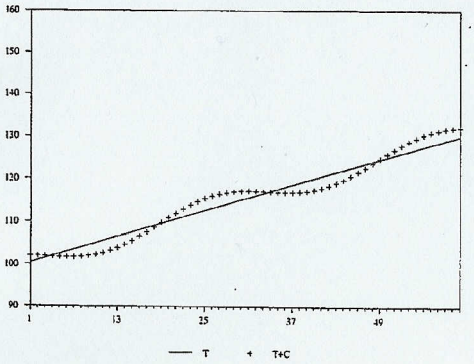
Graphique 1 : T = Tendance linéaire



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

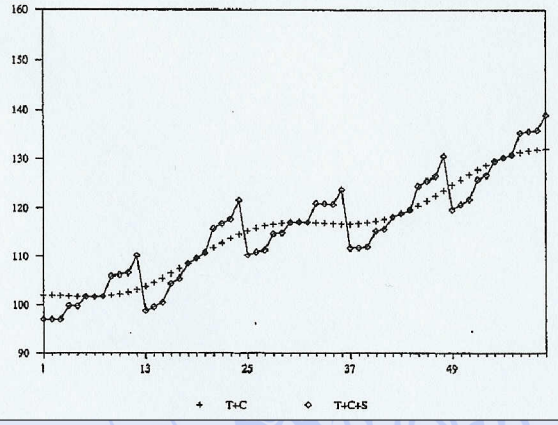
Graphique 2 : T + C = Tendance linéaire + composante cyclique



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

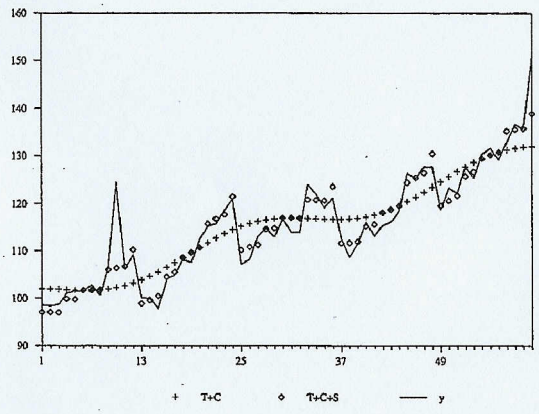
Graphique 3 : T + C + S = idem+ composante saisonnière



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

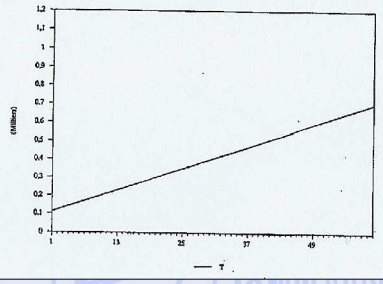
Graphique 4 : T + C + S + E= idem+ composante résiduelle



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle multiplicatif

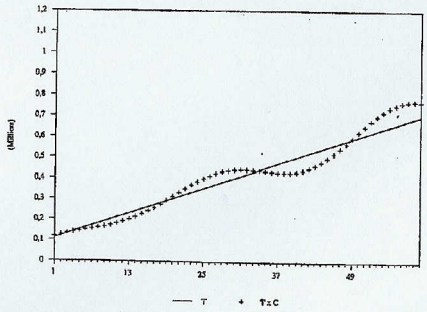
Graphique 1 : T = Tendance linéaire



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle multiplicatif

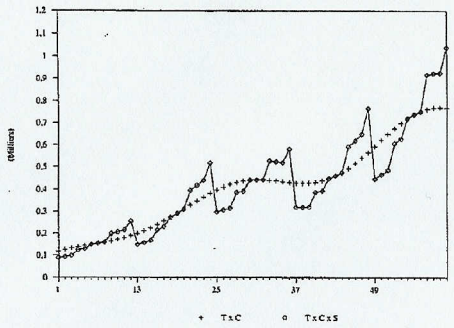
Graphique 2 : T * C = Tendance linéaire * composante cyclique



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle multiplicatif

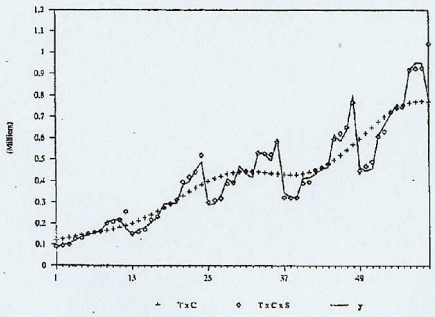
Graphique 3 : T * C * S = idem * composante saisonnière



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle multiplicatif

Graphique 4 : T * C * S * E= idem * composante résiduelle



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Composantes d'une SC

- T = tendance,
- C = composante cyclique,
- S = composante saisonnière,
- E = composante résiduelle (irrégulière).

➢ Principe de décomposition d'une SC :
  - Identifier les 4 composantes.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Décomposition

- Etude de la tendance
- Etude de la composante saisonnière

➢ Méthodes de prévision.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

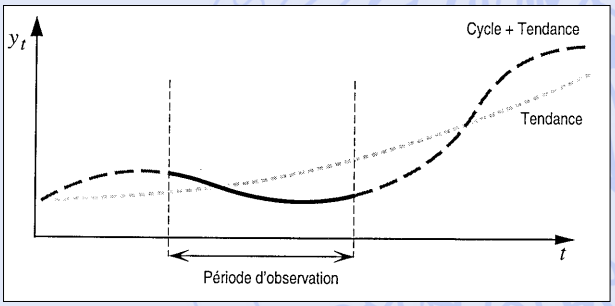
Etude de la tendance

- Ajustement graphique
- Filtres linéaires (moyenne mobile)
- Ajustement analytique
  - Différences
  - Tendance linéaire
  - …

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Approche exploratoire

- Difficile…
  - Lié à la longueur de la série,
  - …



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Filtres linéaires

S.C. : $\{y_1, \dots, y_t, \dots, y_n\}$

a) *Valeur filtrée linéairement*

$$y_t^* = \sum_{j=-p_1}^{p_2} w_j \, y_{t+j} \qquad \begin{cases} p_1, p_2 \in \mathbb{N} \\ w_j \in \mathbb{R} \end{cases}$$

$\downarrow$

$t\text{-}p_1$ ... $t\text{-}1$ t $t\text{+}1$ ... $t\text{+}p_2$

$\Rightarrow$ *Série filtrée* :

$$\{y_{p_1+1}^*, y_{p_1+2}^*, \dots, y_t^*, \dots, y_{n-p_2}^*\}$$

N.B. : w_j est indépendant de t

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Moyennes mobiles (MM)

1°) *Définition* :

$$\bar{y}_t = \sum_{j=-p_1}^{p_2} w_j \, y_{t+j} \qquad \text{où } \sum_j w_j = 1$$

- En général, on suppose $w_j > 0$
- *Ordre de la MM* : $k = p_1 + p_2 + 1$
- Si p_2=0 (ou p_1=0) : *MM unilatérale*
- *Notation explicite* :

$$MM(k) = \left[w_{-p_1}, w_{-p_1+1}, \dots, w_{p_2}\right]$$

Classification des MM

	symétrique	non symétrique
simple	$p_1 = p_2 = p$ $w_j = \frac{1}{2p+1} = \frac{1}{k}$	$p_1 \neq p_2$ $w_j = \frac{1}{p_1 + p_2 + 1} = \frac{1}{k}$
pondérée	$p_1 = p_2 = p$ $w_j = w_{-j} \quad (\forall j)$ w_j : non tous égaux	$p_1 \neq p_2$ *ou bien* $w_j \neq w_{-j}$ pour au moins un j w_j : non tous égaux

$t-1 \quad t \quad t+1$

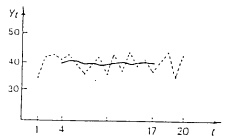
MM simple

- Si k est impair ($k=2p+1$) :

$$MM(k) = \left[k \times \frac{1}{k} \right]$$

- *Exemple* : ventes de baguettes (Q.S., p. 12)

$$MM(7): \; y_t^* = \frac{1}{7} \sum_{j=-3}^{3} y_{t+j} \qquad (t = 4, \ldots, 17)$$

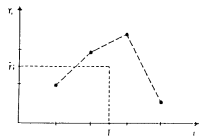


- *Remarque* :

La série filtrée des $MM(k)$ contient $(n\text{-}2p)$ valeurs

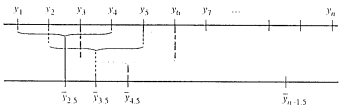
MM centrée

- Si k est pair :

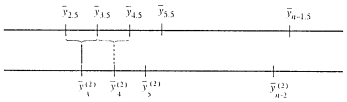


- *Exemple* (ELST, p. 421) : $k = 4$

α) $MM(4)$



β) $MMC\ (4)$



MM centrée

- $\bar{y}_3^{[2]} = \dfrac{\bar{y}_{2,5} + \bar{y}_{3,5}}{2}$

$$= \frac{\frac{1}{4}(y_1 + y_2 + y_3 + y_4) + \frac{1}{4}(y_2 + y_3 + y_4 + y_5)}{2}$$

$$= \frac{y_1 + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4 + y_5}{8}$$

$\Rightarrow MM$ *symétrique pondérée*

- *Notation :*

$MMC\ (4) = MM\ (2)$ de $MM\ (4)$

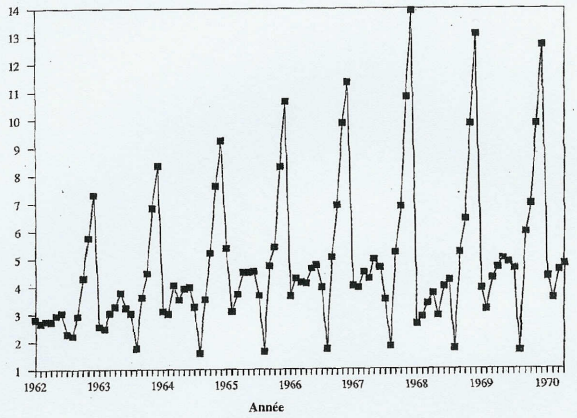
$$= \left[4 \times \frac{1}{4}\right]\left[2 \times \frac{1}{2}\right] = \left[\frac{1}{8}, 3 \times \frac{1}{4}, \frac{1}{8}\right]$$

N.B. : $MMC\ (4) = MM\ (4)$ de $MM\ (2)$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Ordre d'une MM ?

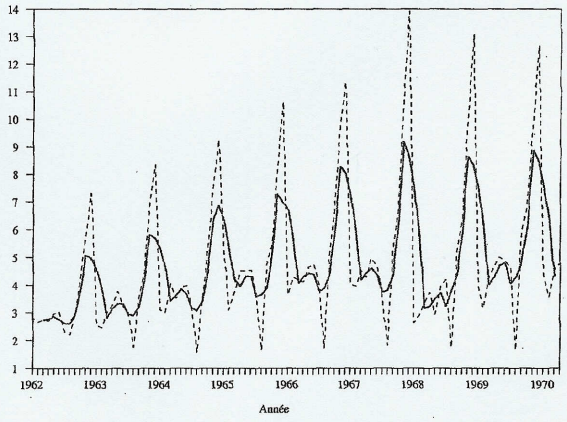
Figure 4.3 Les ventes de champagne en France : les données.



ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

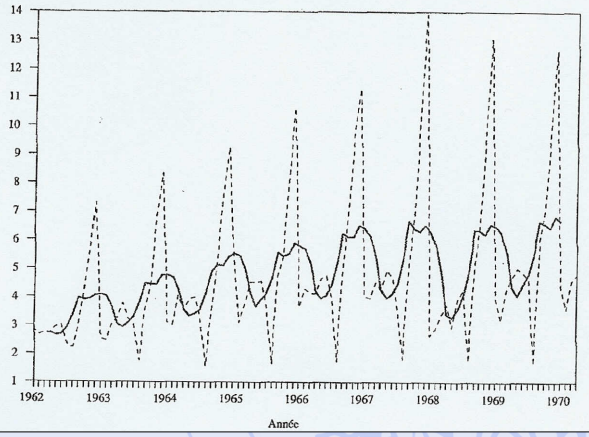
Ordre d'une MM ?

Figure 4.4 Les ventes de champagne en France : les données (en traits discontinus) et les moyennes mobiles d'ordre 4.



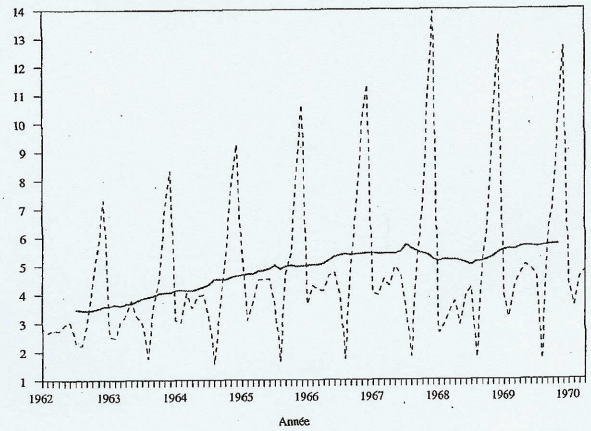
Ordre d'une MM ?

Figure 4.5 Les ventes de champagne en France : les données (en traits discontinus) et les moyennes mobiles d'ordre 7.



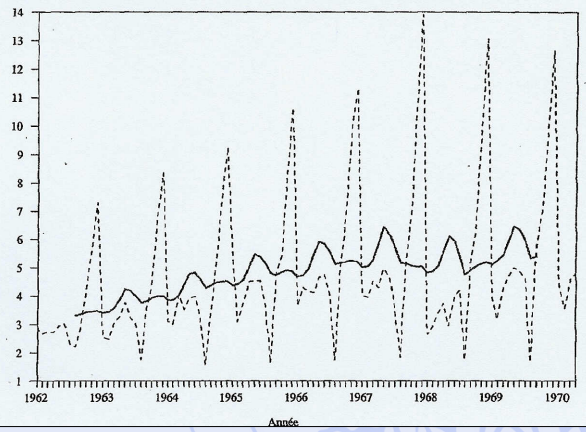
Ordre d'une MM ?

Figure 4.6 Les ventes de champagne en France : les données (en traits discontinus) et les moyennes mobiles d'ordre 12.

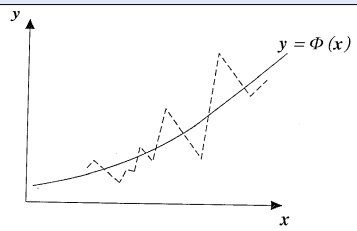


Ordre d'une MM ?

Figure 4.7 Les ventes de champagne en France : les données (en traits discontinus) et les moyennes mobiles d'ordre 15.



Ajustement analytique



$y = \Phi\,(x : a_1, a_2, \ldots, a_r)$ où x = temps

a) *Choix de* $\Phi(x)$

1°) *Ajustements graphiques* :

$\{y_t\}$, $\{\varphi\,(y_t)\}$ – *par exemple* $\{\log y_t\}$–,

{données agrégées} – *par exemple moyennes annuelles* –,

{données filtrées} – *par exemple moyennes mobiles* –, ...

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Ajustement analytique

2°) Différences :

a) *Différence d'ordre 1 :*

$$\nabla y_t = y_t - y_{t-1}$$

b) *Différence d'ordre supérieur à 1 :*

$$\nabla^2 y_t = \nabla y_t - \nabla y_{t-1}, \ldots$$

g) *Propriétés :*

(i) Si $y_t = a + bt$:

$$\nabla y_t = y_t - y_{t-1} = (a + bt) - [a + b(t-1)] = b$$

$$\nabla^2 y_t = \nabla y_t - \nabla y_{t-1} = b - b = 0$$

(ii) Si $y_t = a + bt + ct^2$:

$$\nabla y_t = 2ct + (b - c);$$

$$\nabla^2 y_t = 2c; \quad \nabla^3 y_t = 0$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Ajustement analytique

- Détermination des paramètres ?
  - Tendance linéaire ?
    - Régression linéaire.
  - Linéarisation de la tendance
  - Tendance polynomiale

Composante saisonnière

- *S : composante périodique de J "saisons"*
- y_{ij} = observation pour la i-ème *période* et la j-ième *saison* (i=1,..., I; j=1,..., J)

i \ j	1	...	j	...	J
1	y_{11}	...	y_{1j}	...	y_{1J}
.	.		.		.
.	.		.		.
.	.		.		.
i	y_{i1}	...	y_{ij}	...	y_{iJ}
.	.		.		.
.	.		.		.
.	.		.		.
I	y_{I1}	...	y_{Ij}	...	y_{IJ}

Exemple : Si J = 12 : série mensuelle

Modèle additif

a) *Modèle*

$$y_{ij} = f_{ij} + S_{ij} + E_{ij}$$

où $f_{ij} = T_{ij} + C_{ij} \qquad (i = 1, \ldots, I;\ j = 1, \ldots, J)$

b) *Hypothèse de rigidité de S* (H_r)

$$S_{ij} = S_j$$

$\Rightarrow$ Il faut déterminer $S_1, S_2, \ldots, S_J$

c) *Critère des M.C.*

$$Min\ Q = \sum_i \sum_j E_{ij}^2 = \sum_i \sum_j \left(y_{ij} - f_{ij} - S_j\right)^2$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

d) *Méthode de comparaison à la moyenne d'une période*

1°) *Objectif (rappel)* :

$$Min \quad Q = \sum_i \sum_j \left(y_{ij} - f_{ij} - S_j\right)^2$$

2°) *Hypothèses supplémentaires* :

$$H_p : \quad f_{ij} = f_i \qquad (i = 1,\ldots,I)$$

$$H_c : \quad \frac{1}{J}\sum_j S_j = 0$$

N.B. H_c est appelé "*Hypothèse de conservation des aires*"

3°) *Système d'équations normales* :

$$\frac{\partial Q}{\partial S_j} = 0 \quad et \quad \frac{\partial Q}{\partial f_i} = 0 \qquad \begin{cases} j = 1,\ldots,J \\ i = 1,\ldots,I \end{cases}$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

4°) *Solution* :

α) $$\frac{\partial Q}{\partial S_j} = (-2)\sum_i \left(y_{ij} - f_i - S_j\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial S_j} = 0 \Leftrightarrow \sum_i \left(y_{ij} - f_i\right) - IS_j = 0$$

$$\Leftrightarrow S_j = \frac{1}{I}\sum_i \left(y_{ij} - f_i\right)$$

β) $$\frac{\partial Q}{\partial f_i} = (-2)\sum_j \left(y_{ij} - f_i - S_j\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial f_i} = 0 \Leftrightarrow \sum_j y_{ij} - J\, f_i - \sum_j S_j = 0$$

$$\Leftrightarrow f_i = \frac{1}{J}\sum_j y_{ij} - \frac{1}{J}\sum_j S_j = \bar{y}_i$$

γ) *En résumé* :

$$f_i = \bar{y}_i \qquad i = 1,\ldots,I$$

$$S_j = \frac{1}{I}\sum_i \left(y_{ij} - \bar{y}_i\right) \qquad j = 1,\ldots,J$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

e) *Méthode de comparaison à la tendance*

1°) *Hypothèses supplémentaires* :

H_t : T est de forme analytique connue

H_k : C n'existe pas

Conséquence :

$f_{ij} = T_{ij}$ [valeur de T pour la date (i, j)]

2°) *Système d'équations normales* :

$$\frac{\partial Q}{\partial S_j} = 0 \qquad j = 1, \ldots, J$$

$$\Leftrightarrow S_j = \frac{1}{I} \sum_i \left(y_{ij} - T_{ij} \right)$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle additif

) *Méthode de comparaison à la moyenne mobile*

1°) *Hypothèses supplémentaires* :

H_c : $\frac{1}{J} \sum_j S_j = 0$

H_e : $\frac{1}{J} \left(E_{i,j} + E_{i,j+1} + \ldots + E_{i+1,j-1} \right) = 0$

H_f : f varie de façon "compensée" sur J saisons consécutives

2°) *Moyennes mobiles MM(J)* : M_{ij}

$$MM(y_{ij}) = MM(f_{ij}) + MM(S_j) + MM(E_{ij})$$

$$\Rightarrow \quad M_{ij} = f_{ij} + 0 + 0$$

3°) *Système d'équations normales* :

$$\frac{\partial Q}{\partial S_j} = 0 \qquad j = 1, 2, \ldots, J$$

$$\Leftrightarrow S_j = \frac{1}{I-1} \sum_i \left(y_{ij} - M_{ij} \right)$$

Modèle additif

g) *Remarques*

1°) On peut remplacer l'usage de la moyenne par celui de la *médiane* pour déterminer S_j :

$$S_j = \underset{i}{méd}\left(y_{ij} - f_{ij}\right)$$

2°) *Correction de conservation des aires* :

Si $\sum_j S_j = S \neq 0$:

$$S'_j = S_j - \frac{S}{J} \qquad j = 1,\ldots,J$$

Dans ce cas : $\sum_j S'_j = 0$

Exemple

1°) *Série chronologique* :

y_{ij}	j=1	2	3	4	$\sum_j y_{ij}$	$\bar{y}_{i.}$
i=1	223	1007	1487	535	3252	813
2	195	1063	1475	556	3289	822.25
3	273	1101	1555	591	3520	880
4	271	1109	1539	606	3525	881.25
5	293	1125	1559	637	3614	903.5

2°) *Méthode de comparaison à la moyenne annuelle* :

$y_{ij} - \bar{y}_{i.}$	1	2	3	4
1	-590	194	674	-278
2	-627.25	240.75	652.75	-266.25
3	-607	221	675	-289
4	-610.25	227.75	657.75	-275.25
5	-670.5	221.5	655.5	-266.5
$\sum$	-3045	1105	3315	-1375
S_j	-609	221	663	-275

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Exemple

3°) *Méthode de comparaison à la tendance* :

En utilisant un ajustement linéaire des moyennes annuelles, on obtient pour équation de la droite de tendance (*origine* : 1/7/année 3 ; *unité* : année) :

$$y = 860 + 24x$$

T_{ij}	1	2	3	4
1	803	809	815	821
2	827	833	839	845
3	851	857	863	869
4	875	881	887	893
5	899	905	911	917

y_{ij}-T_{ij}	1	2	3	4
1	-580	198	672	-286
2	-632	230	636	-289
3	-578	244	692	-278
4	-604	228	652	-287
5	-606	220	648	-280
Σ	-3000	1130	3300	-1480
S_j	-600	224	660	-284

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Exemple

4°) *Méthode de comparaison à la moyenne mobile* :

Nous calculons à cet effet les *MMC*(4)

MMC(4)	1	2	3	4
1	-	-	809.6	813
2	818.5	819.6	832	846.5
3	861.25	875.6	879.75	880.5
4	879.5	879.4	884	888.75
5	893.25	899.6	-	-

y_{ij}-M_{ij}	1	2	3	4
1	-	-	677.5	-278
2	-623.5	243.4	643	-290.5
3	-588.25	225.4	675.25	-289.5
4	-608.5	229.6	655	-282.75
5	-600.25	225.4	-	-
Σ	-2420.5	923.8	2650.75	-1140.75
S_j	-605.1	230.9	662.7	-285.2
S_j'	-606.0	230.1	661.9	-286.0

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèle multiplicatif

a) *Hypothèses de base*

- **Modèle :** $y_{ij} = f_{ij}(1+s_{ij})(1+e_{ij})$

où $f_{ij} = T_{ij}\ C_{ij}\ (1=i,\ldots,I;\ j=1,\ldots,J)$

- *Hypothèse H_r (rigidité de S) :*

$$H_r \quad : \quad 1+s_{ij} = 1+s_j$$

b) *Transformation des données*

$$y_{ij} \quad \rightarrow \quad \log y_{ij}$$

$$\Rightarrow \quad \log y_{ij} = \quad \log f_{ij} + \log(1+s_j) + \log(1+e_{ij})$$

$\Rightarrow$ **Détermination des coefficients**

$$\log(1+s_1),\ldots,\log(1+s_J)$$

dans un modèle additif $\Rightarrow (1+s_j)$

2019/2020 334

334

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Adaptation du mod. additif

1°) *Mode de calcul :*

$$1+s_j = \frac{1}{I}\sum_i \frac{y_{ij}}{f_{ij}}$$

α) *Méthode des rapports à la moyenne de la période :*

$$f_{ij} = \bar{y}_i$$

β) *Méthode des rapports à la tendance :*

$$f_{ij} = T_{ij}$$

γ) *Méthode des rapports à la moyenne mobile :*

$$f_{ij} = M_{ij}$$

2°) *Correction de conservation des aires :*

$$H_c^*: \quad \frac{1}{J}\sum_j (1+s_j) = 1 \Leftrightarrow \sum_j (1+s_j) = J$$

$$\text{Si } \sum_j (1+s_j) = S \neq J: \quad (1+s_j') = (1+s_j)\frac{J}{S}$$

2019/2020 335

335

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Elimination de la tendance

- Détermination préalable de la tendance
  - Valeurs de T
  - Elimination de T
    - Cas additif : $y - T$
    - Cas multiplicatif : y / T
- Utilisation de différences
  - Tendance linéaire : $\nabla y_t = y_t - y_{t-1}$
  - Tendance quadratique :

$$\nabla^2 y_t = \nabla y_t - \nabla y_{t-1} = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Désaisonnalisation

- Détermination préalable de S
- Données désaisonnalisées :
  - Cas additif : $d_{ij} = y_{ij} - S_j$
  - Cas multiplicatif : $d_{ij} = y_{ij} / (1 + s_{ij})$
- Utilisation de différences saisonnières :

$$\nabla_J y_t = y_t - y_{t-J}$$

$$\nabla^2_J y_t = \nabla_J y_t - \nabla_J y_{t-J}$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Méthodes de prévision

- Méthodes extrapolatives simples
- Lissage exponentiel
- Holt-Winters
- Modèles stochastiques
  - ARMA
  - …

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Méthodes de prévision

. On se place en un instant T :

T = *origine de la prévision*

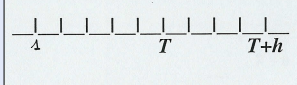
. On dispose de l'historique :

$$\{y_1, y_2, \dots, y_T\}$$

. On veut prédire la valeur en $(T+h)$:

h=*horizon de la prévision*

. *Prévision* : $\hat{y}_T(h)$



. *Erreur de prévision* :

$$e_T(h) = y_{T+h} - \hat{y}_T(h)$$

. *Cas particulier intéressant* : h=1

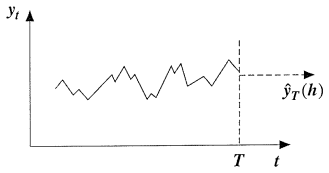
Méthodes extrapolatives simples

a) *Prévision naïve*

$$\hat{y}_T(1) = y_T$$

b) *Prévision par MM unilatérales*

$$\hat{y}_T(h) = \frac{y_T + y_{T-1} + \ldots + y_{T-p}}{p+1}$$



N.B. :Les deux méthodes ne sont concevables que si la série ne contient ni composante saisonnière ni composante extra-saisonnière

Lissage exponentiel

- Prendre en compte les données passées avec des poids dégressifs :

$$\hat{y}_T(1) = \alpha . y_T + (1-\alpha) . \hat{y}_{T-1}(1)$$
$$\alpha \in (0;1)$$
$$\hat{y}_T(1) = \alpha . y_T + (1-\alpha) . [\alpha . y_{T-1} + (1-\alpha) . \hat{y}_{T-2}(1)]$$
$$\hat{y}_T(1) = \alpha . y_T + (1-\alpha) . \alpha . y_{T-1} + (1-\alpha)^2 . \hat{y}_{T-2}(1)$$
$$\hat{y}_T(1) = \alpha . y_T + (1-\alpha) . \alpha . y_{T-1} + (1-\alpha)^2 . \alpha . \hat{y}_{T-2} + \cdots$$

- Limites:
  - Tendance non prise en compte.
  - Saisonnalité non prise en compte.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Lissage exponentiel

- Prise en compte des tendance et/ou saisonnalité :
  - Méthode de Holt-Winters.
  - Méthode de Brown.

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Modèles stochastiques

- Notion de processus stochastique.
- Modèles AR, MA, ARMA, ...
- Avantages :
  - Mesure de l'erreur de prévision.
  - Calcul d'intervalles de prévision.
- Inconvénients :
  - Plus difficiles à mettre en œuvre (identification, estimation).

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

En conclusion…

2019/2020 344

344

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Inférence statistique ?

- Echantillon vs Population !
- Sondages ?
- Enquêtes d'opinion ?
- Analyses de consommation ?

2019/2020 345

345

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Un sondage récent

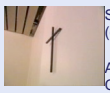
- Calcul de l'erreur :
  - Taille de l'échantillon : n = 2000
  - Risque d'erreur : 5%
  - Supposition (pessimiste) : proportion proche de 50%.
  - Formule : $2\times\sqrt{\frac{1}{4n}} = 2\times\sqrt{\frac{1}{8000}} = 2.24\%$

$$2\times\sqrt{\frac{1}{4n}} = 2\times\sqrt{\frac{1}{4\times 750}} = 3.65\%$$

$$2\times\sqrt{\frac{1}{4n}} = 2\times\sqrt{\frac{1}{4\times 500}} = 4.47\%$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Les Belges parmi les moins croyants d'Europe (24/02/2005 RTL.be)



Selon un sondage réalisé par le magazine Reader's Digest auprès de 8.657 personnes dans quatorze pays européens (dont 503 Belges), les Belges sont parmi les moins croyants d'Europe, en compagnie des Néerlandais et des Tchèques.

Alors que la moyenne européenne est de 71 pc de croyants, en Belgique seulement 58 pc de la population croit en Dieu. C'est en Pologne et au Portugal qu'on retrouve le plus de croyants, avec respectivement 98 pc et 90 pc de la population qui déclarent croire en Dieu.

Le sondage révèle également que le fait de croire en Dieu n'est pas nécessairement lié au fait de croire à l'existence d'une vie après la mort. Ainsi, seuls 37 pc des Belges partagent cet avis. Les Polonais, quant à eux, sont 81 pc à le croire. En moyenne, 53 pc des Européens croient en l'au-delà.

A la question "Selon vous, a-t-on besoin de la religion pour faire la différence entre le bien et le mal?", 86 pc des Polonais répondent oui, contre 32 pc des Belges et 24 pc des Français, qui se retrouvent en fin de classement. En moyenne, 43 pc des Européens jugent que la religion aide à différencier le bien du mal.

La moitié des Européens interrogés estiment également que les grandes religions oeuvrent pour le bien dans le monde. Ce sont les Portugais qui en sont le plus persuadés (79 pc), suivis par les Polonais (78 pc) et les Espagnols (72 pc). Seulement 39 pc des Belges sont de cet avis et ce sont les Néerlandais qui en sont le moins convaincus avec 34 pc de personnes ayant répondu de manière affirmative.

Le sondage constate enfin que l'âge a une forte influence. Ainsi, dans neuf pays sur quatorze, la croyance en Dieu augmente avec l'âge et les personnes âgées sont également plus nombreuses à juger que la religion est nécessaire pour faire la différence entre le bien et le mal.

$$2\times\sqrt{\frac{1}{4\times 8657}} = 1\% \qquad 2\times\sqrt{\frac{1}{4\times 503}} = 4.5\%$$

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Has tallest tower caused more quakes?

CNN.com Friday, December 2, 2005 Posted: 1146 GMT (1946 HKT)

TAIPEI, Taiwan (Reuters) -- Seismic activity in Taipei has increased since the world's tallest building, Taipei 101, was built, raising questions over whether the Taiwan capital has become more vulnerable to earthquakes, a geologist said on Friday.

Lin Cheng-horng, a geologist at the Institute of Earth Sciences at Taiwan's most prestigious think tank, the Academia Sinica, said seismic activity historically had been low in the Taipei basin, home to about 7 million people.

But the city has experienced more micro-earthquakes (of magnitude 2.0-2.5 on the Richter scale) since construction began on the 508 meter (1,667 foot) skyscraper in 1997, he said.

Two earthquakes of magnitude 3.8 and 3.2 occurred directly beneath Taipei 101 in October 2004 and March 2005, he said.

"There is a distinct possibility of earthquakes being triggered by the recent construction of the world's highest building, the imposing Taipei 101," Lin wrote in an article published in the Geophysical Research Letters Vol. 32 on Nov. 30.

"Should seismic activity remain high or, even worse, should it significantly increase, then the possibility of earthquakes being triggered by the high-rise building will become ever so much more of a reality," he wrote.

Taipei 101 spokesman Michael Liu said while he respected the academic's views, the 101-story building was a government-endorsed project that had met environmental and geological standards set by the Taiwan government.

Earthquakes occur frequently in Taiwan, which lies on a seismically active stretch of the Pacific basin, but Taipei itself has suffered minimal tremors in the past as it lies over the western boundary of the Philippine Sea plate.

An earthquake is caused by a sudden slip on a fault in the earth's crust. Stresses in the earth's outer layer push the sides of the fault together until rocks slip suddenly, releasing energy in waves that cause the ground to shake.

Lin said Taipei 101 weighed 700,000 tons and estimated stress from vertical loading on its foundation at 4.7 bars, of which some would be transferred to the earth's upper crust due to extremely soft sedimentary rocks beneath the Taipei basin.

"If a fault is about to crack, then a little pressure can trigger an earthquake. It's like the last straw that breaks the camel's back," Lin told Reuters in a telephone interview.

But that's only a theory, he said, adding that he could not determine whether or not Taipei 101 was responsible for the rise in seismic activity in the area in recent years.

"I don't know if it's just coincidence or if they are related," he said. "It's very hard to prove this scientifically, but it's just as hard to disprove it."

Thus, Lin is calling for immediate research into the issue, saying it could have far-reaching implications for other huge structures like the proposed 1,000 meter (3,281 foot) Sky City 1000 in Japan, another quake-prone area.

Earthquakes induced by human activity, such as water dams, have been documented in the United States, Japan, and Canada. But Lin said there were no specific studies into whether high-rise buildings can cause tremors.

He suggested Taiwan install more accurate sensors to monitor tremors -- most of Taiwan's sensors are above ground, unlike Japan, which has over 1,000 monitors hundreds of meters below the earth's surface.

The $1.7 billion Taipei 101, an office tower and shopping complex, was built to withstand tremors measuring above magnitude 7 and resist gale forces of more than 60 meters a second.

348

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

Statistique à la SBS

BA1, BA2

Mathématique

Statistique

Informatique

BA3

Méthodes économétriques appliquées à la gestion

MA

Cours avancés

Recherche opérationnelle

Econométrie

Mémoire

2019/2020 349

349