Chapitre 3 :Les prévisions de la demande

Madame :Lajmi Fatma

La nature de la prévision et de la gestion de la demande

- Une bonne gestion et la prise de décision adéquates nécessitent la connaissance des demandes à satisfaire.
  - La demande n’est pas toujours connue à l’avance.

La nature de la prévision et de la gestion de la demande

- Pour prévoir la demande, il faut utiliser des méthodes qui sont caractérisés par :
  - Un traitement du futur sur un horizon de temps déterminé.
  - Des éléments d'incertitudes
  - Des tendances passées
  - De l'analyse des données connues ou historiques
  - Des facteurs pouvant l'influencer (une description de ce qui se passera…)

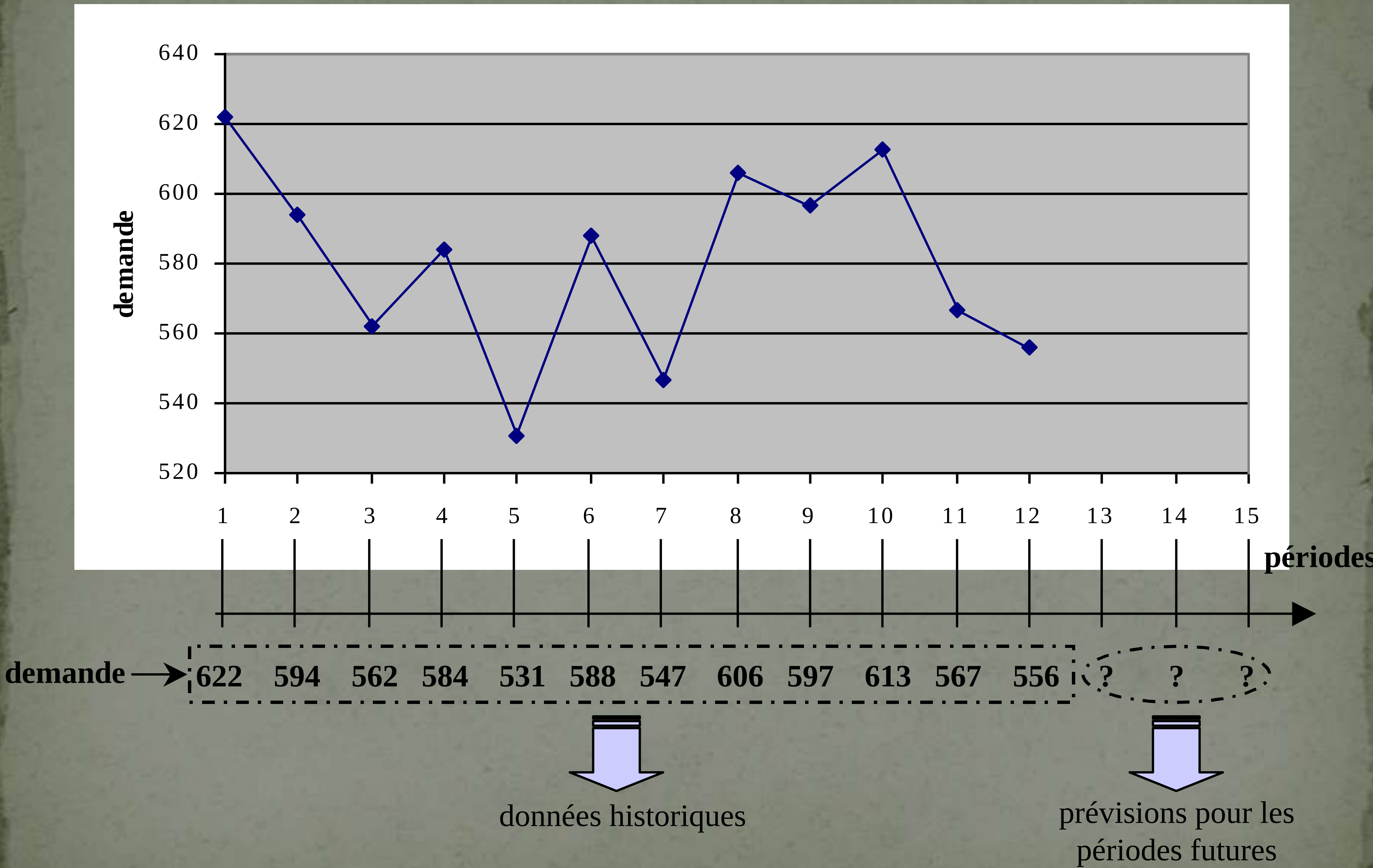
Elle doit être faite à <u>court ou moyen terme</u> seulement.

Ces méthodes de prévision sont :

- Une description de ce qui se passera compte tenu d’un ensemble de décisions et d’évènements passés dans une situation donnée.
- Un « intrant » considérable dans le processus de planification stratégique.

Dans quels contextes les prévisions sont-elles utiles?

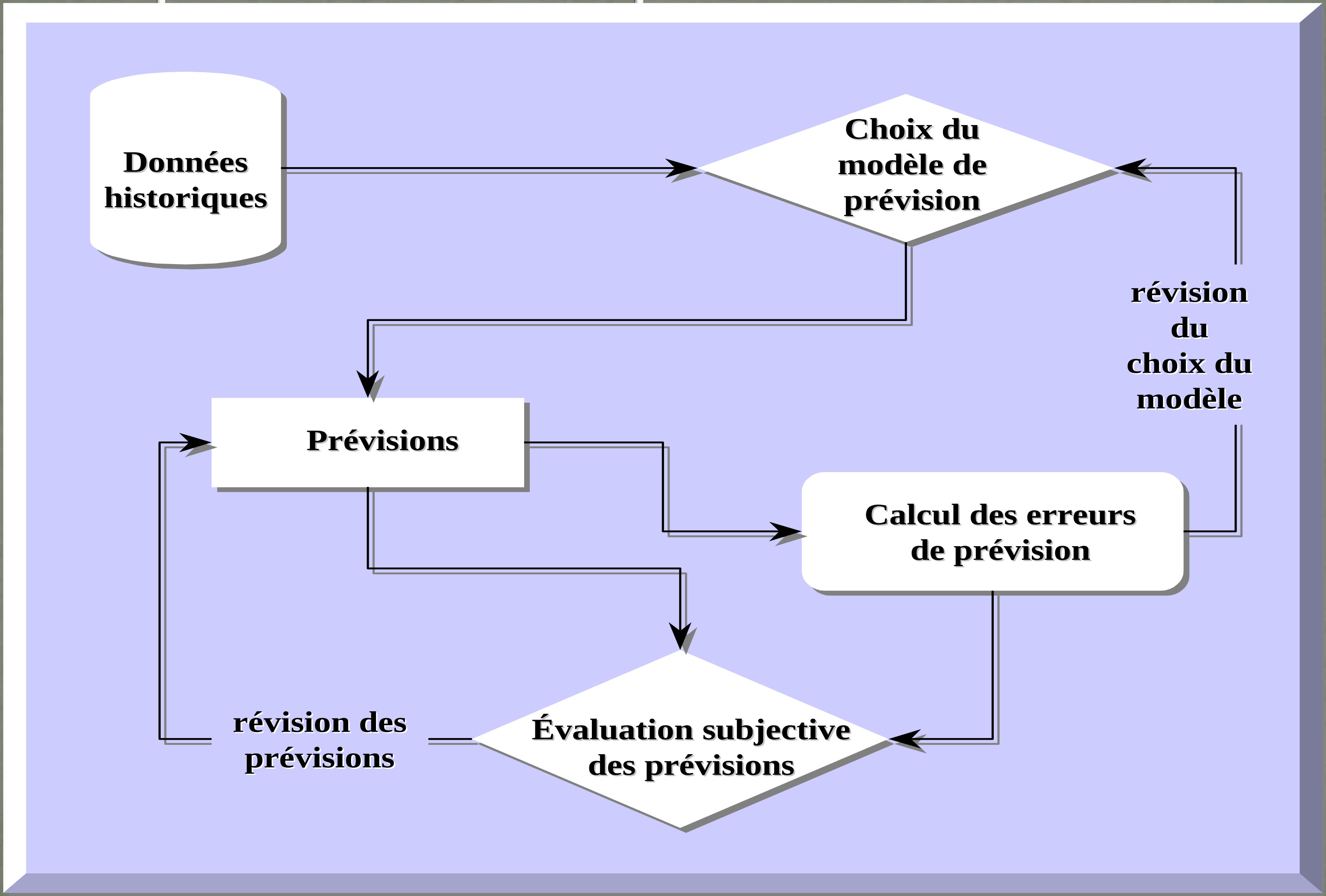
- Prévoir les besoins en production
- Adoption d’une nouvelle technologie
- Modification de la capacité
- Gestion de l’équipement
- Localisation et aménagement
- Gestion des stocks
- Planification intégrée
- Gestion stratégique des opérations
- Gestion budgétaire
- Gestion des ressources humaines


640
620
600
580
560
540
520
demande
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
périodes
demande
622 594 562 584 531 588 547 606 597 613 567 556
? ? ?
données historiques
prévisions pour les périodes futures

Facteurs à considérer lors du choix d’une méthode de prévision

- Le nombre de données historiques
- L’importance de la prévision
- Les facteurs qui influencent la variable à prévoir
- Lien entre états passés et états futurs de la variable à prévoir
- Coûts d’une méthode de prévision
- La disponibilité des données
- Temps et ressources requises pour obtenir les prévisions

Le processus de prévision ...



L'horizon des prévisions

- Elle varie selon l'utilisation qui en sera faite :

- Prévision court terme (jours) pour :
  - Les planning d'expédition
  - Les ventes a court terme

- Prévision moyen terme (semaines) pour :
  - Le dimensionnement des ressources
  - L'approvisionnement

- Prévision long terme (mois) pour :
  - L'établissement des budgets
  - La dimension des ressources
  - L'identification des tendances

Techniques de prévision

- Méthodes de prévision

- Moyenne mobile
- Moindre carrée
- Lissage exponentiel

Moyenne mobile

Pour cette moyenne, seules les observations les plus récentes sont utilisées pour calculer la prévision.

Cette méthode ne nécessite pas de conserver un grand nombre de données en mémoire.

Moyenne mobile simple.

Méthode:

À partir d'un ensemble de valeurs observées, on calcule leur moyenne et on utilise la moyenne comme prévision de la prochaine période.

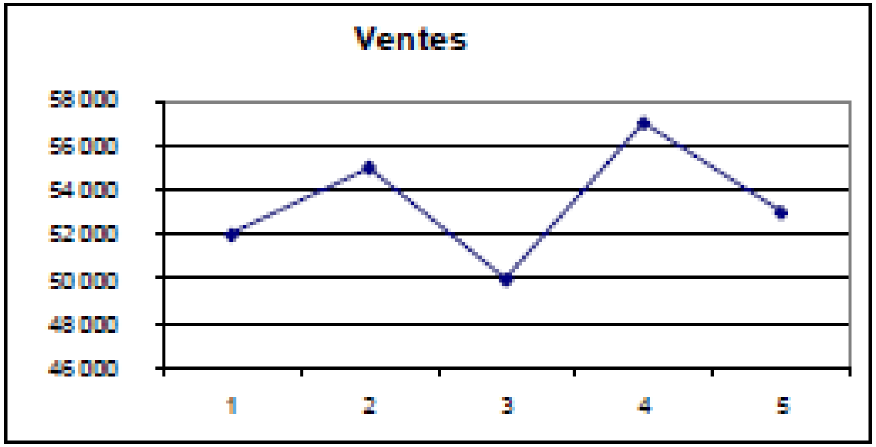
Moyenne Mobile Simple (MMS)

- La prévision pour une période est égale à la moyenne des observations des n dernières périodes

$$P_{t+1} = \frac{x_t + x_{t-1} + \ldots. + x_{t-n+1}}{n}$$

La moyenne simple

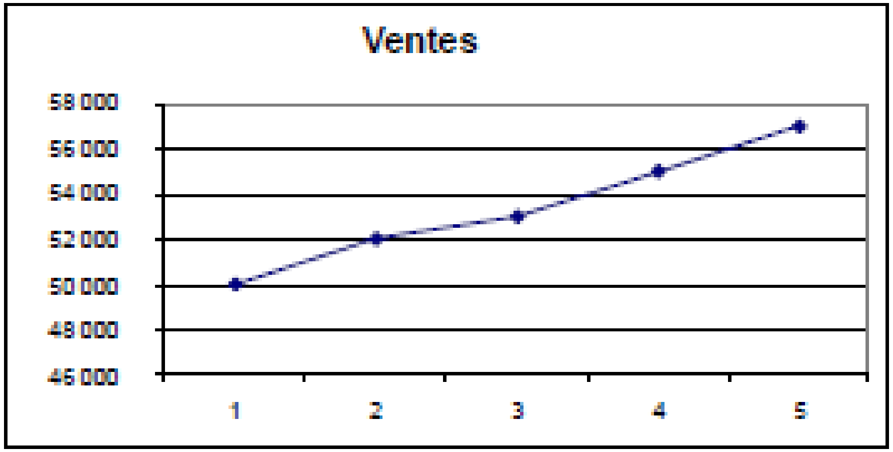
Semaine	Ventes
1	52 000
2	55 000
3	50 000
4	57 000
5	53 000



P6=(P1+P2+P3+P4+P5)/5 = 53 400

Autre exemple

Semaines	Ventes	Croissance
1	50 000	
2	52 000	4,0%
3	53 000	1,9%
4	55 000	3,8%
5	57 000	3,6%



Croissance moyenne=
(4+1.9+3.8+3.6)/4=3.3%

P6=P5*(1+3.3%)=58 881

Remarque 1

- • Si on avait enregistré des taux de croissance qui suivent un certain modèle, par exemple 2, 4, 6 et 8% on pourrait estimer le taux de croissance de la 6ème semaine à 10%
- • Ainsi P6 = P5*(1+10%)

Remarques 2:

- Pour calculer la moyenne mobile, il faut disposer des valeurs des «N» dernières observations.
- Cette méthode donne un poids égal à chacune des «N» dernières valeurs de la série, et un poids égal à zéro aux valeurs observées avant.
- Chaque nouvelle prévision basée sur une moyenne mobile est un ajustement de la précédante moyenne mobile.
- L'effet de lissage augmente quand «N» augmente (ajustement beaucoup plus faible d'une prévision à l'autre)

Exemple de moyenne mobile

Table 1

Prévision de la demande de couteau				
1	2	3	4	5
2002	**Périodes**	**Observations**	**Prévision**	**Prévision**
Mois		**de la demande**	**moyenne mobile de 3 mois**	**moyenne mobile de 5 mois**
Janvier	1	2000		
Février	2	1350		
Mars	3	1950		
Avril	4	1975	1767	
Mai	5	3100	1758	
Juin	6	1750	2342	2075
Juillet	7	1550	2275	2025
Août	8	1300	2133	2065
Septembre	9	2200	1533	1935
Octobre	10	2770	1683	1380
Novembre	11	2350	2090	1915
Décembre	12		2440	2034

La Moyenne Mobile Pondérée

Le calcul de cette MMP est simple. Il suffit d'affecter à chaque période, un coefficient de pondération qui sera plus fort sur les période les plus récents.

La Moyenne Mobile Pondérée est donc utile pour simuler les tendances à court terme, et réagir rapidement. Ce peut être un complément intéressant à une analyse plus classique de moyenne mobile simple.

Moyenne Mobile Pondérée (MMP)

$$P_{t+1} = \sum_{i=1}^{n} w_i V_{t-i+1} \quad \text{avec} \quad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

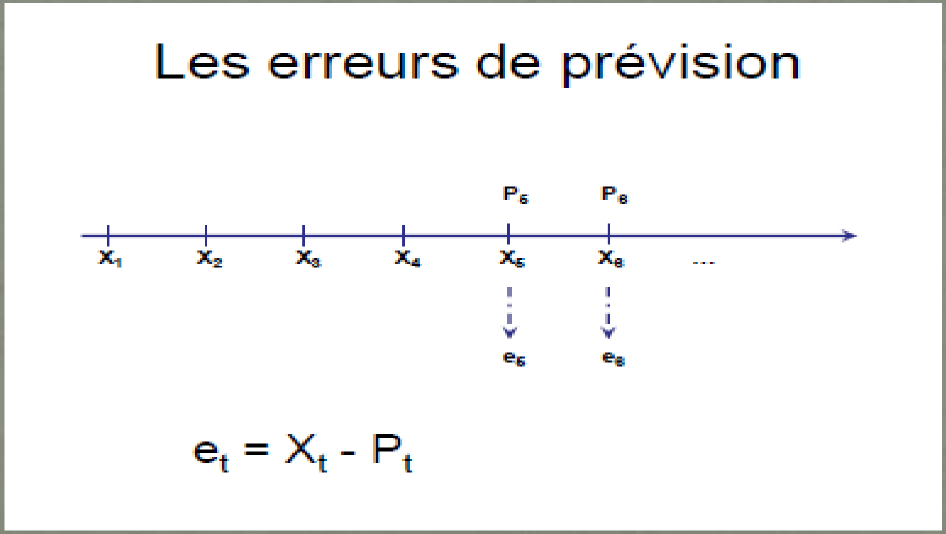
- P_{t+1} : prévision pour la période t+1
- V_i : valeur réelle observée à la période i
- w_i : Coefficients de pondération de la période i

  ($w_1 > w_2 \ldots > w_n$)

La mesure de l'erreur.

- La valeur réelle observée est déterminée par une loi d'une part , et par l'intervention du hasard d'autre part (Réel: loi + hasard)

- Il existe un écart entre les valeurs prévus et les valeurs réellement observées.
  - un but commun à toutes les techniques est de minimiser ces écarts.



La mesure de l'erreur (suite)

- On définit l'erreur de prévision comme étant la différence entre la valeur réelle et la valeur prédite :

$$E_i = R_i - p_i$$

- R = l'observation pour la période i et P = la prévision pour la même période
- Le choix de la technique repose sur:
  - Le calcul de la moyenne de **l'erreur absolue** et du **carré moyen de l'erreur** pénalise une prévision pour ses écarts extrêmes que les écarts faibles.

Critères d'évaluation

$$EM = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i$$

$$EAM = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \left|e_i\right|$$

$$EARM = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{\left|e_i\right|}{x_i}$$

$$EQM = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2$$

$$ET = \sqrt{EQM}$$

- EM: Erreur Moyenne
- EAM: Erreur Absolue Moyenne
- EARM: Erreur Absolue Relative Moyenne
- EQM: Erreur Quadratique Moyenne
- ET: Erreur-type

Exemple avec la mesure de l’erreur

PÉRIODE	OBSERVATION DE LA DEMANDE	PRÉVISION MOYENNE MOBILE DE 3 MOIS	ERREUR	ERREUR ABSOLUE	CARRÉ DE L'ERREUR	PRÉVISION MOYENNE MOBILE DE 5 MOIS	ERREUR	ERREUR ABSOLUE	CARRÉ DE L'ERREUR
1	2 000								
2	1 350								
3	1 950								
4	1 975	1 767	208	208	43 264				
5	3 100	1 758	1 342	1 342	1 800 954				
6	1 750	2 342	-592	592	350 464	2 075	-325	325	105 625
7	1 550	2 275	-725	725	525 625	2 025	-475	475	225 625
8	1 300	2 133	-833	833	693 889	2 065	-765	765	585 225
9	2 200	1 533	667	667	448 889	1 935	265	265	70 225
10	2 770	1 683	1 087	1 087	1 181 569	1 980	-790	790	624 100
11	2 350	2 090	260	260	67 600	1 914	435	435	190 096
12		2 440				2 034			
		Somme	1 414	5714	5 108 264		-1 665	3 055	1 800 025
		Moyenne	177	714	638 533		-276	509	300 004

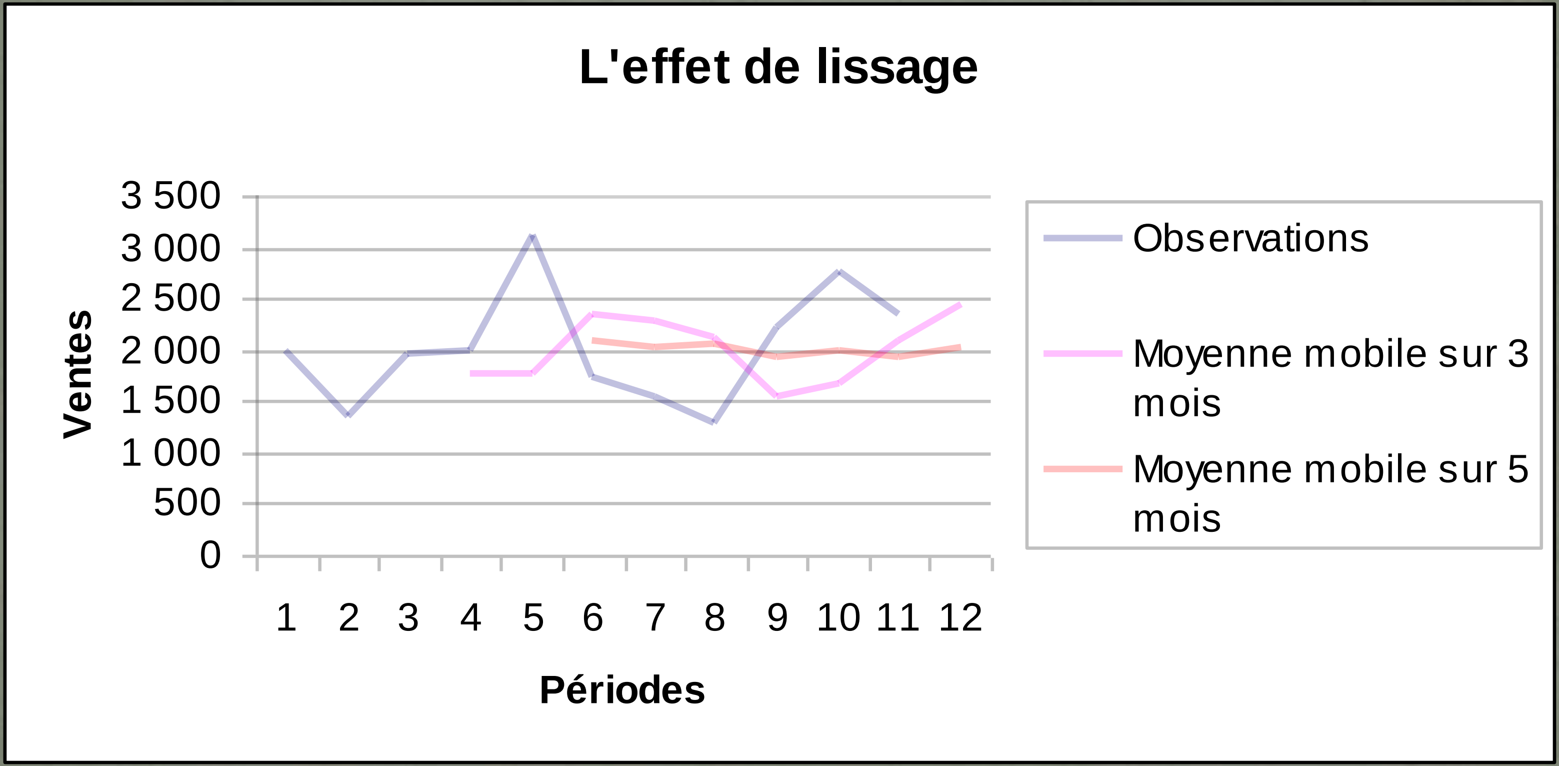
*Écart absolu moyen **

** * **

*Carré moyen de l’erreur ***

Note : le carré moyen de l’erreur pénalise une prévision beaucoup plus pour les écarts extrêmes que pour les écarts faibles.

Effet de lissage visualisé



Les limites du modèle.

Cette méthode s'applique surtout dans les cas suivant:

- On fait de la prévision à court terme.
- Les fluctuations généralement peu importantes (loi horizontale) à court terme.
- On veut prévoir une seule période.

Les limites du modèle (suite) .

Cette méthode s'adapte difficilement dans les cas suivants:

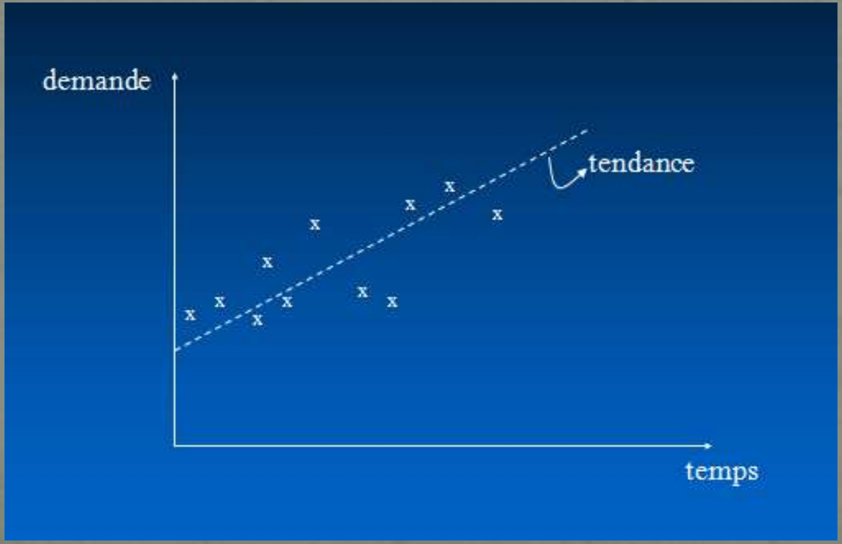
- La loi observée initialement (au début de la série chronologique) **varie** (effet de la loi de tendance , la loi saisonnière et la loi cyclique).

Dans les situation de « court terme », la loi peut souvent être considérée comme horizontale, sans qu'on perde beaucoup de précision.

Méthode des Moindres Carrées

Pour ce type de modèle, on ne considère plus une moyenne stable mais plutôt la tendance de la demande en fonction du temps.

En fait, la moyenne ne peut nous être utile dans ce cas.



- Cette méthode permet d’établir un modèle mathématique linéaire qui exprime une variable dépendante en fonction d’autres variables, dites indépendantes.

Méthode des Moindres Carrées

Analyse de la tendance

$$\boxed{Y = mX + b}$$

$$m = \frac{Cov(X,Y)}{Var(X)} = \frac{\sum (X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\sum (X-\overline{X})^2} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \overline{Y} - m\overline{X}$$

- Cas particulier d'analyse de régression où la variable explicative est le temps (X: temps)

$\overline{X}, \overline{Y}$ sont les moyennes respectives des n observations des X et des Y

- Cette méthode tente de trouver la droite représentant le mieux les données en minimisant la somme des carrés de la distance verticale entre chaque point et son point correspondant sur la droite.

Exemple

La PMI Paugui fabrique et commercialise des pièces détachées pour machines-outils industrielles.

Chiffre d'affaires de 1995 à 2001							
Années	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Années	1	2	3	4	5	6	7
CA en euros	629 800	641 200	638 400	639 700	645 000	654 700	655 000

4	639 700
5	645 000
6	654 700
7	655 000

La méthode des moindres carrés

La droite des moindres carrés passe par le point moyen de coordonnées *x– et y– qu'on appelle*
barycentre du nuage, le point *a est la pente ou coefficient directeur, le point b est la constante*.

Calculer l'équation de la droite des moindres carrés.

- Calculer $\bar{x}$ et $\bar{y}$.

$\bar{x}$ est la moyenne arithmétique des xi = 4.

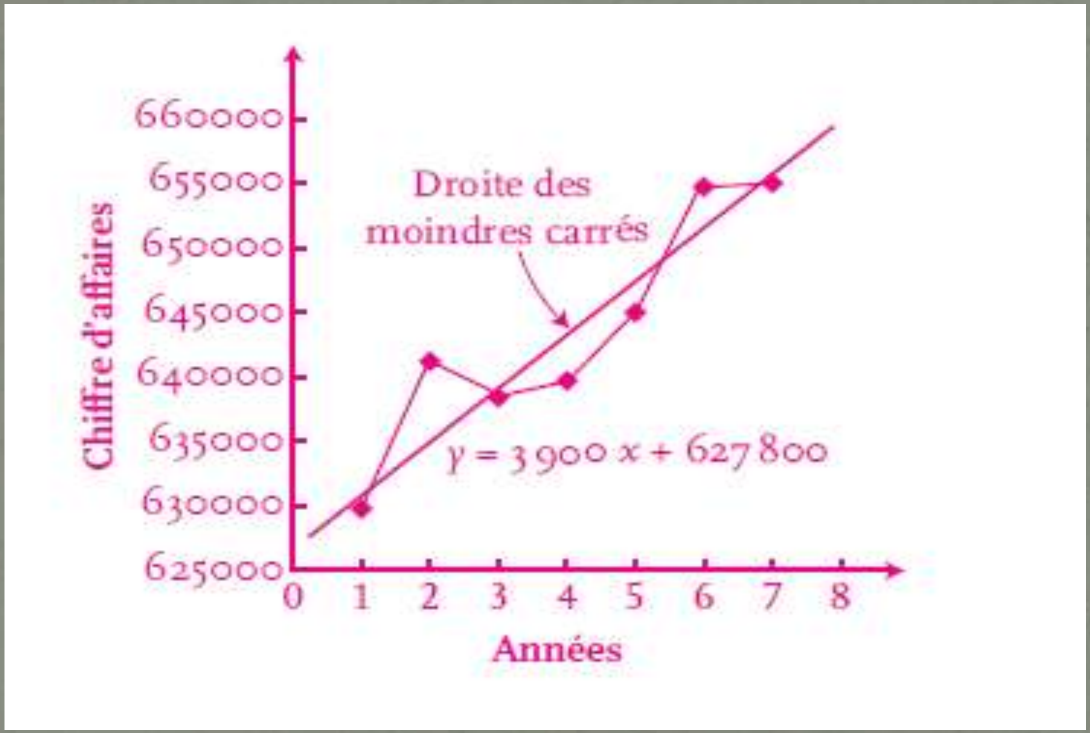
$\bar{y}$ est la moyenne arithmétique des yi = 643 400.

Exemple :

xi	*yi*	X -X_	Y - Y_	(X-X_)*(Y-Y_)	(X-X_)^2
1	629 800	− 3	− 13 600	40 800	9
2	641 200	− 2	− 2 200	4 400	4
3	638 400	− 1	− 5 000	5 000	1
4	639 700	0	− 3 700		0
5	645 000	1	1 600	1 600	1
6	654 700	2	11 300	22 600	4
7	655 000	3	11 600	34 800	9
$\bar{x} = 4$	$\bar{y} = 643\,400$		Total : 109 200		28

- Calculez *m*
- $m = 3900$
- $b = 627\,800$
- $y = 3\,900\,x + 627\,800$.
- **Exemple : pour obtenir une prévision du CA de l' année 8**
- ⇨ $y = 3\,900\,(8) + 627\,800 = 659\,000$ €.

- **La représentation graphique de la droite de tendance par la méthode des moindres carrés**



Coefficients saisonniers (rapports au trend)

- Applicable dans le cas où il y a existence de variations saisonnières qui apparaissent périodiquement.
- Cette période (saison) est appelée pas ou S_i
- Prévision ajustée (forme multiplicative)

$$\text{Trend: } T = at + b$$

$$S_i = \frac{VR_i}{VA_i}$$

VR_i = valeur réelle à l'instant i

VA_i = valeur ajustée à l'instant i

$$\text{Prévision à l'instant t: } \mathrm{P_t} = T \times S_t$$

Lissage exponentiel simple

Par lissage des observations historiques on parvient à éliminer leur contenu aléatoire et estimer une valeur de prévision.

La méthode accorde le plus grand poids à l'observation la plus récente et des poids décroissants aux valeur les plus anciennes.

Lissage exponentiel simple

La nouvelle prévision est simplement l'ancienne révision plus α fois erreur de l'ancienne prévision
(e : R_t-p_t).

Cette formule se réécrit sous la forme:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha\,(R_{t-1} - P_{t-1})$$

Où:

P_t = prévision au temps t.
R_t = observation au temps t.
P_{t-1} = Prévision au temps t-1 (période antérieure)
R_{t-1} = observation au temps t-1

α= facteur de pondération compris entre 0 et 1 (appelé aussi constante de lissage)

Lissage exponentiel simple

On a besoin seulement de 3 données pour appliquer la méthode (pas nécessaire de disposer d'une longue série) :

1) La prévision pour la période précédente.
2) La demande observée pour cette même période.
3) Facteur de pondération (coefficient) α.

Si $\alpha \rightarrow 1$, l'ajustement est important.

Si $\alpha \rightarrow 0$, l'ajustement est faible.

Le **facteur de pondération**, a, détermine le niveau de lissage.

Un grand α dans cette technique a un effet comparable à un faible nombre d'observations incluses dans une moyenne mobile, et vice versa.

Exemple : lissage exponentiel simple

Prévision de la demande de couteau, un mois à l'avance, par lissage exponentiel.

2002 mois	Périodes	Observations de la demande	Valeurs lissées exponentiellement $\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,9$
Janvier	1	2000			
Février	2	1350	2000	2000	2000
Mars	3	1950	1935	1675	1415
Avril	4	1975	1937	1813	1897
Mai	5	3100	1940	1894	1967
Juin	6	1750	2056	2497	2987
Juillet	7	1550	2026	2123	1874
Août	8	1300	1978	1837	1582
Septembre	9	2200	1910	1568	1328
Octobre	10	2770	1939	1884	2113
Novembre	11	2350	2023	2330	2709
Décembre	12		2056	**2340**	2386

Prévision de la demande de couteau, un mois à l'avance, par lissage exponentiel.

2002 mois	Périodes	Observations de la demande	Valeurs lissées exponentiellement $\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,9$
Janvier	1	2000			
Février	2	1350	2000	2000	2000
Mars	3	1950	1935	1675	1415
Avril	4	1975	1937	1813	1897
Mai	5	3100	1940	1894	1967
Juin	6	1750	2056	2497	2987
Juillet	7	1550	2026	2123	1874
Août	8	1300	1978	1837	1582
Septembre	9	2200	1910	1568	1328
Octobre	10	2770	1939	1884	2113
Novembre	11	2350	2023	2330	2709
Décembre	12		2056	**2340**	2386

Partant de la formule :

$$P_t = P_{t-1} + a\,(R_{t-1} - P_{t-1})$$

$$P_3 = P_2 + a(R_2 - P_2)$$
$$= 2000 + 0.1(1350 – 2000)$$
$$= 2000 + 0.1(-650)$$
$$= 1935$$

$$P_7 = P_6 + a(R_6 - P_6)$$
$$= 2056 + 0.1(1750 – 2056)$$
$$= 2056 + 0.1(-306)$$
$$= 2026$$

Calcul des erreurs de prévision pour le lissage exponentiel

Comparaison des erreurs de prévision pour le lissage exponentiel

			Prévision avec α = 0,1			
2002 mois	**Périodes**	**Observations de la demande**	**Demande prévue**	**Erreur**	**Erreur absolu**	**Carré de l'erreur**
Janvier	1	2000	----------------	----------------	----------------	----------------
Février	2	1350	2000	650	650	425 00
Mars	3	1950	1935	-15	15	225
Avril	4	1975	1937	-38	38	1 350 000
Mai	5	3100	1940	-1 160	1 160	126 000
Juin	6	1750	2056	356	356	227 000
Juillet	7	1550	2026	476	476	460 000
Août	8	1300	1978	678	678	84 000
Septembre	9	2200	1910	-290	290	690 000
Octobre	10	2770	1939	-831	831	75 000
Novembre	11	2350	2023	-273	273	----------------
Décembre	12		2056			
		Total :		-447	4 767	3 438 665
		Moyenne;		-44.7	476.7	343 866

Carré moyen de l'erreur : le « test » ayant le plus de poids…

Comparaison des erreurs de prévision pour le lissage exponentiel

Comparaison des erreurs de prévision pour le lissage exponentiel

	Avec un α=0.1				Avec un α=0.5				Avec un α=0.9			
Périodes	**Demande prévue**	**Erreur**	**Erreur absolue**	**Carré de l'erreur**	**Demande prévue**	**Erreur**	**Erreur absolue**	**Carré de l'erreur**	**Demande prévue**	**Erreur**	**Erreur absolue**	**Carré de l'erreur**
1				422 500				422 500				422 500
2		650	650	425 000		650	650	425 000		650	650	425 000
3		-15	15	225		-275	275	75 500		-535	535	286 000
4		-38	38	1 345 600		-162	162	26 300		-78	78	6 000
5		-1 160	1 160	1 350 000		-1260	1260	1 450 000		-1133	1133	1 290 000
6		356	356	126 000		747	747	560 000		1237	1237	1 540 000
7		476	476	227 000		573	573	330 000		324	324	102 000
8		678	678	460 000		537	537	287 000		282	282	79 000
9		-290	290	84 000		-642	642	412 000		-872	872	760 000
10		-831	831	690 000		886	886	785 000		-657	657	430 000
11		-273	273	75 000		-20	20	400		359	359	129 000
12												
	Total	-447	4 767	3 438 665	Total	-684	5 698	4 351 200	Total	423	6 127	5 047 000
	Moyenne	-44.7	476.7	343 866	Moyenne	-68.4	569.8	435 120	Moyenne	42.3	6 127	504 700

Écart absolu moyen *

Carré moyen de l'erreur **

Raisons pour expliquer le succès des méthodes de lissage exponentiel :

- Le modèle requiert peu d'espace-mémoire car on n'a pas besoin de conserver beaucoup de données historiques.
  - Il faut seulement l'observation la plus récente , la prévision la plus récente et une valeur de α.
- Les tests pour vérifier comment le modèle se comporte sont faciles à calculer.

Raisons pour expliquer le succès des méthodes de lissage exponentiel:

- L'effet d'un grand α ou un petit α est tout à fait analogue à l'influence d'un nombre faible ou important d'observations lorsqu'on calcule une moyenne mobile.

Les limites du modèle.

- Ce modèle n'est pas approprié lorsque la loi sous-jacente à la variable qui fait l'objet de la prévision est affectée par une variable en raison de la tendance, de la saisonnalité ou de l'effet cycle.

- Il n'y a pas de règle pour déterminer la pondération appropriée de α .

Coefficient de corrélation

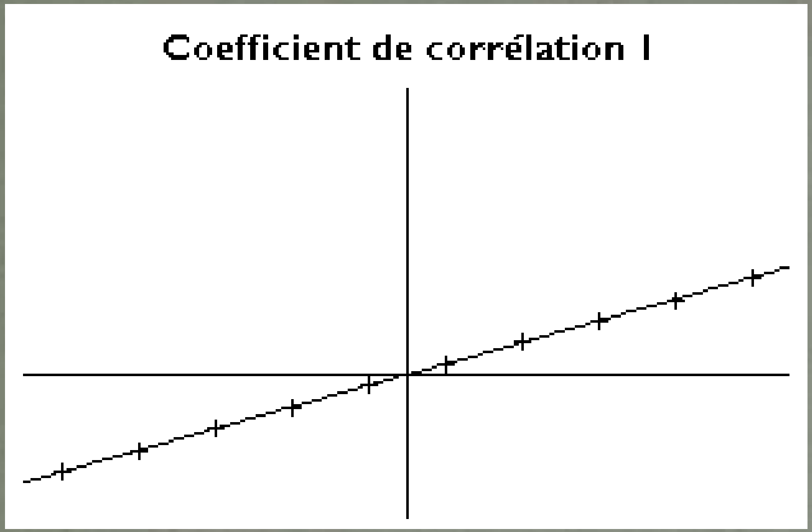
- Si les deux variables sont x et y sont totalement indépendantes, alors leur corrélation est égale à 0. La réciproque est cependant fausse, car le coefficient de corrélation indique uniquement une dépendance *linéaire*.
- Les deux séries ne sont pas linéairement corrélées si rk est nul. Les deux séries sont d'autant mieux corrélées que rk est proche de 1 ou de -1.

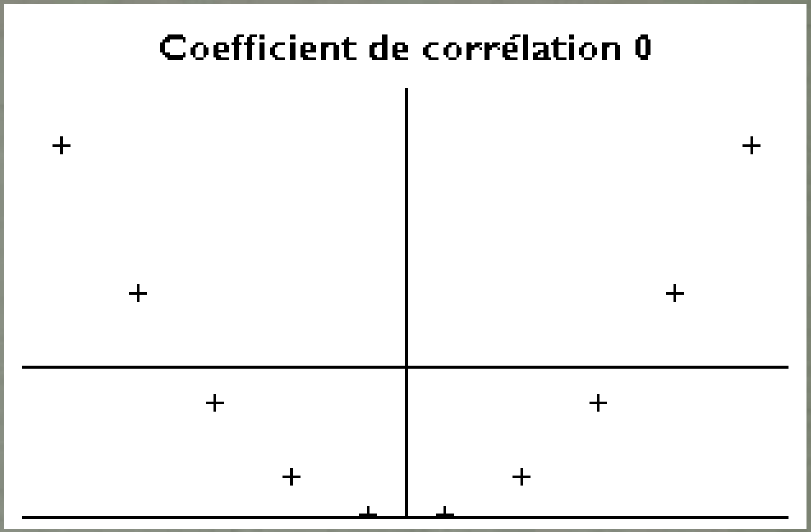
Autocorrélation

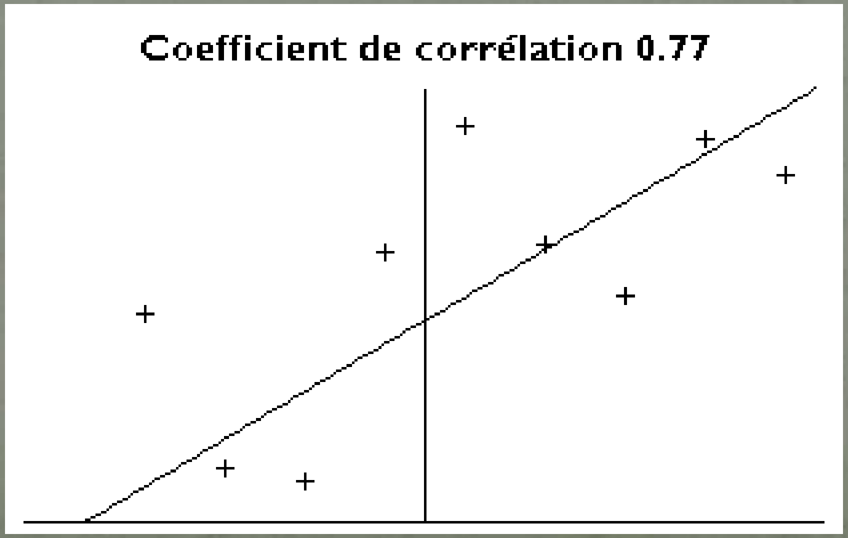
- Coefficient d'autocorrélation

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}(x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^{n}(x_t - \bar{x})^2} \qquad k \leq \frac{n}{3}$$

- Permet de détecter:
  - La tendance
  - La saisonnalité
  - Le cycle


Coefficient de corrélation 1


Coefficient de corrélation 0


Coefficient de corrélation 0.77

Coefficient de corrélation

- Mesure de la similitude entre variables X et Y (coefficient compris entre -1 et 1)

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n}}}$$

$$\rho_{XY} = \frac{n\sum_{i=1}^{n}x_i y_i - \sum_{i=1}^{n}x_i \sum_{i=1}^{n}y_i}{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n}x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2}\sqrt{n\sum_{i=1}^{n}y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n}y_i\right)^2}}$$