



**SIGMA PLUS**  
14-16, rue Clément-Bayard  
92300 Levallois-Perret  
Tél : 01 47 30 37 30  
Fax : 01 47 30 37 31  
[WWW.SIGMAPLUS.FR](http://WWW.SIGMAPLUS.FR)



## L'Approche « 6-Sigma »

Un grand nombre d'outils sont disponibles dans **STATGRAPHICS** pour mettre en oeuvre la méthode "6-Sigma".

Découvrez dans les deux documents « Web-Enabled Statistical Software For Six-Sigma » et « Integrating STATGRAPHICS into a Six-Sigma Program » comment STATGRAPHICS peut vous permettre de mettre en place cette approche de la qualité.

Explorez les exemples mis au point par le Professeur **Neil W. Polhemus**, auteur du logiciel **STATGRAPHICS** :

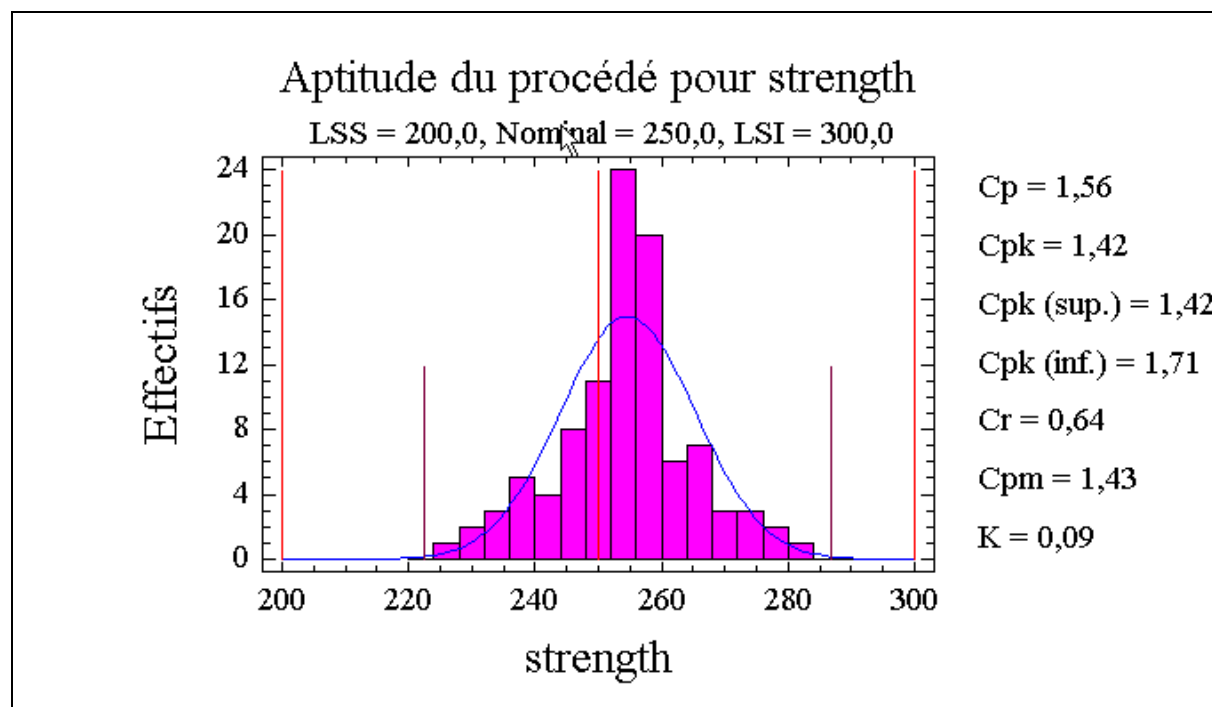
- Analyse d'aptitude d'un procédé
- Limites statistiques de tolérances
- Tests de normalité
- Analyse de données non-normales
- Cartes de contrôle
- Cartes de contrôle spéciales
- Analyse de fiabilité
- Méthode de vieillissement accéléré
- Comparer deux méthodes
- Analyse de la variance
- Analyse d'attributs
- Méthode de régression et ajustement de courbes
- Détermination de la taille d'un échantillon
- Plan d'expériences
- Analyse de la variance à facteurs imbriqués
- Analyse R&R
- Analyse de Pareto
- Diagramme Causes et Effet
- Contrôle de réception

# Analyse d'aptitude d'un procédé

Un élément important de la notion de qualité est la définition et le maintien de spécifications raisonnables pour un produit. L'analyse d'aptitude de STATGRAPHICS est conçue pour aider les ingénieurs à définir ces spécifications et à s'assurer qu'elles sont atteintes.

## Graphique d'aptitude

Un des premiers outils pour évaluer l'aptitude est le graphique d'aptitude.



Ce graphique montre un histogramme d'un échantillon de données observées, auquel est ajouté une loi normale ajustée (sauf si une loi différente a été choisie). Les longues lignes verticales indiquent les positions des spécifications, alors que les courtes lignes verticales indiquent la valeur moyenne + et - 3 écarts-types.

## DPM (Défauts par million)

En se basant sur la distribution ajustée à un échantillon de données, les fréquences à long-terme des défauts peuvent être calculées.

Les scores Z dans le tableau ci-après indiquent à combien d'écarts-types chaque limite des spécifications est de la moyenne de la loi normale ajustée. Pour atteindre le but des 6-sigmas de moins de 3.4 défauts par million, les deux scores Z doivent être supérieurs ou égaux à 4.5.

Résumé de l'analyse

Variable des données: strength

Distribution: Normale  
 Taille de l'échantillon = 100  
 moyenne = 254,64  
 écart-type = 10,6823

6,0 écarts-types pour les limites  
 +3,0 écarts-types = 286,687  
 moyenne = 254,64  
 -3,0 écarts-types = 222,593

Spécifications	Observé au-delà spéc	Score Z	Estimé au-delà spéc	Défauts par million
LSS = 300,0	0,000000%	4,25	0,001087%	10,87
Nominal = 250,0				
LSI = 200,0	0,000000%	-5,12	0,000016%	0,16
Total	0,000000%		0,001103%	11,03

### Indices d'aptitude

Les indices d'aptitude sont utilisés pour quantifier la conformité des données aux spécifications. Parmi les indices les plus courants, le Cpk, est calculé en divisant la distance entre la moyenne des données et la plus proche des spécifications par trois fois l'écart-type. Un Cpk de 1.5 ou plus indique que le DPM est inférieur ou égal à 3.4. Si le calcul du Cpk est basé sur un petit échantillon de données, il peut être éloigné de sa vraie valeur. Pour vous aider à apprécier la qualité de cette statistique, STATGRAPHICS calcule des limites de confiance pour cet indice et les autres indices d'aptitude:

Indices d'aptitude pour strength

Cp = 1,56021  
 Cpk = 1,41543  
 Cpk (sup.) = 1,41543  
 Cpk (inf.) = 1,705  
 Cr = 0,640938  
 Cpm = 1,4299  
 K = 0,0928

Basés sur des limites à 6,0 écarts-types.

Intervalles de confiance à 95,0%

Cp: (1,34307, 1,77699)  
 Cpk: (1,20773, 1,62312)  
 Cpm: (1,23435, 1,6251)

# Limites statistiques de tolérances

Si les limites des spécifications n'ont pas encore été définies pour un produit ou si vous souhaitez réviser les spécifications existantes, il peut être utile de savoir quelles limites le procédé peut satisfaire. Les limites statistiques de tolérances affichent l'intervalle à l'intérieur duquel un pourcentage donné du produit est supposé être, en se basant sur un échantillon de données issues du procédé:

<b>Limites de tolérances normales pour strength</b>
<b>Loi normale</b>
<b>Taille de l'échantillon = 100</b>
<b>Moyenne = 254,64</b>
<b>Ecart-type = 10,6823</b>
<b>Spécifications</b>
<b>LSS = 300,0</b>
<b>Nominal = 250,0</b>
<b>LSI = 200,0</b>
<b>Intervalle de tolérance à 95,0% pour 99,9997% de la population</b>
<b>X-barre +/- 5,13114 écarts-types</b>
<b>Supérieur: 309,452</b>
<b>Inférieur: 199,828</b>

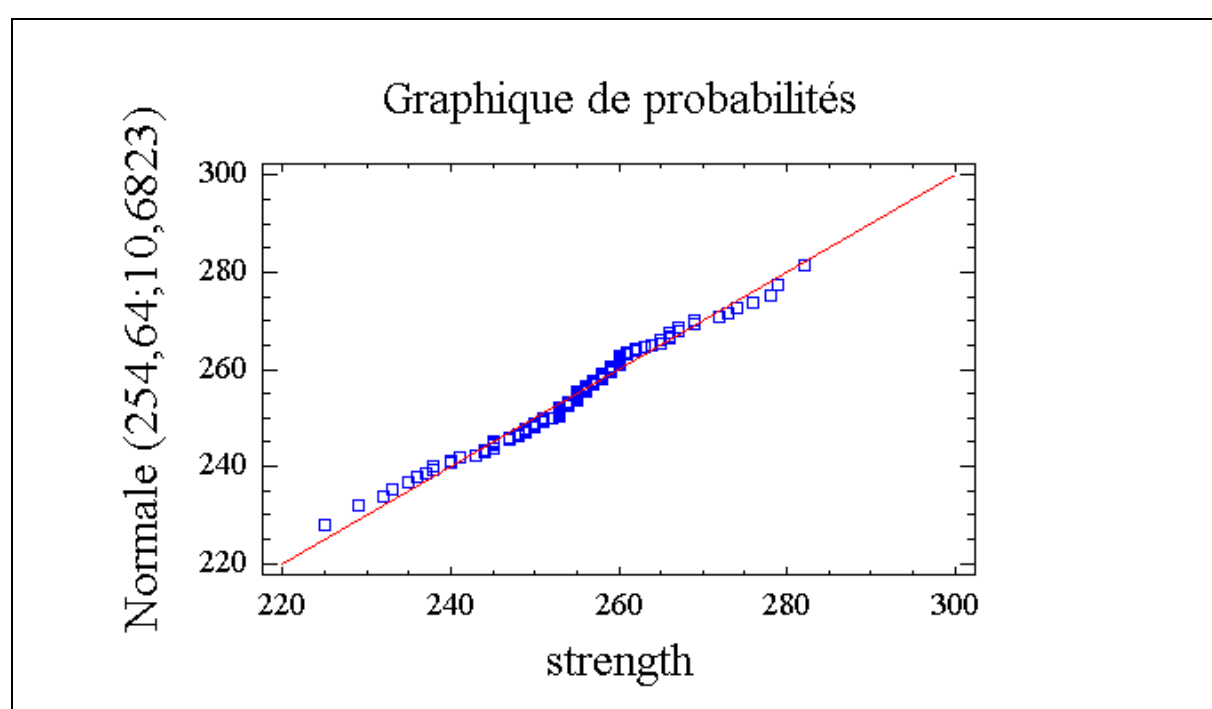
Dans le tableau ci-dessus, les limites statistiques de tolérances sont calculées à partir d'un échantillon de 100 produits. A partir de la moyenne de l'échantillon = 254,64 et de l'écart-type de l'échantillon = 10,6823, l'ingénieur peut dire avec un niveau de confiance de 95% que 99.9997% de tous les produits seront entre 199,828 et 309,452. Le niveau de confiance et la proportion de produits à l'intérieur de l'intervalle peuvent être modifiés.

# Tests de normalité

Beaucoup de procédures statistiques supposent que les données analysées suivent une loi normale. Si ce n'est pas le cas, les statistiques calculées comme par exemple le Cpk peuvent être fausses.

## Graphique de probabilités

Un graphique de probabilités fournit un outil graphique simple pour vérifier si un procédé observé peut raisonnablement être modélisé par une loi normale. Les données provenant de la série 'strength' qui s'alignent le long de la ligne droite dans le graphique ci-dessous sont correctement modélisées par une loi normale et peuvent être analysées par les techniques usuelles:

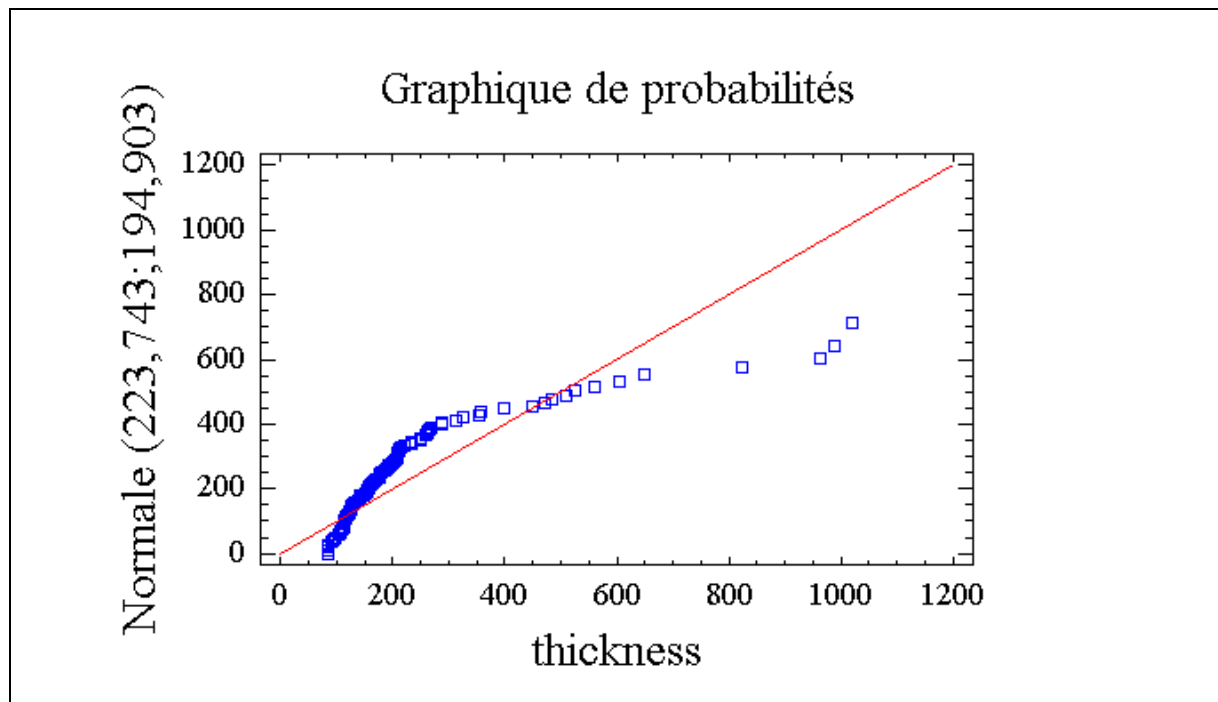


Les données provenant de la série 'thickness' qui ne s'alignent pas le long de la ligne droite dans le graphique ci-dessous requièrent des analyses plus sophistiquées.

## Tests statistiques

Des tests plus formels comme le test de Shapiro-Wilks peuvent également être calculés:

Le tableau ci-après inclut les explications fournies par le StatAdvisor, outil unique de STATGRAPHICS conçu pour aider les utilisateurs à interpréter correctement les résultats statistiques.



**Tests de normalité pour thickness**

Test d'adéquation du Chi-2 calculé = 81,92

Niv. sig. = 3,84711E-9

Statistique W de Shapiro-Wilks = 0,716662

Niv. sig. = 0,0

Z score pour l'asymétrie = 4,73188

Niv. sig. = 0,0000022272

Z score pour l'aplatissement = 4,69648

Niv. sig. = 0,00000264987

**Le StatAdvisor**

-----

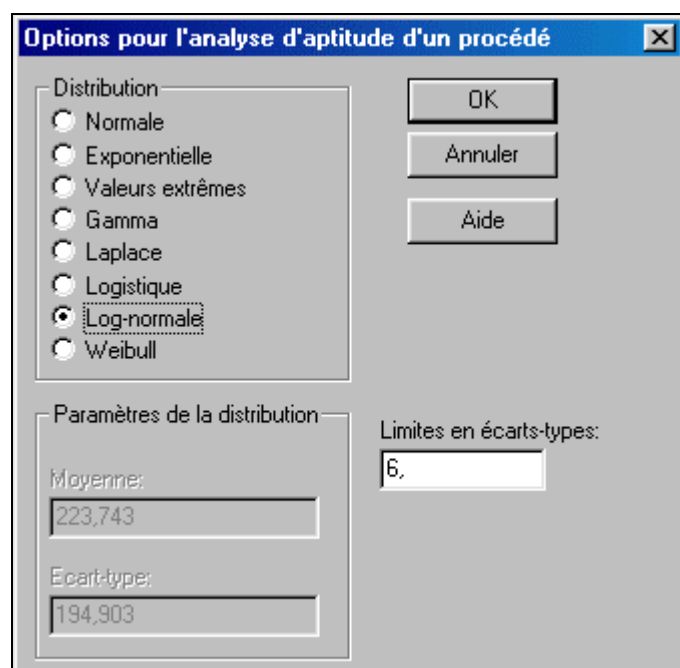
Cette fenêtre affiche les résultats de plusieurs tests pour déterminer si thickness Le test du chi-carré divise l'étendue de thickness en 24 classes équiprobables et compare le nombre d'observations dans chaque classe au nombre attendu. Le test de Shapiro-Wilks est basé sur la comparaison des quantiles de la loi normale ajustée aux quantiles des données. L'asymétrie standardisée indique si les données ne sont pas symétriques. L'aplatissement standardisé indique si la forme de la distribution des données est plus plate ou plus pointue que celle de la loi normale. La plus petite des valeurs des probabilités pour les tests calculés est de 0,0. Comme la valeur de la probabilité pour ce test est inférieure à 0.01, on peut rejeter l'hypothèse que thickness suit une loi normale au niveau de confiance de 99%.

# Analyse de données non normales

Lorsque les données à analyser ne sont pas modélisées correctement par une loi normale, les résultats usuels peuvent être faux. Dans de tels cas, soit une autre loi de probabilités doit être choisie, soit les données doivent être transformées de façon à suivre une loi normale.

## Ajustement d'autres lois de probabilités

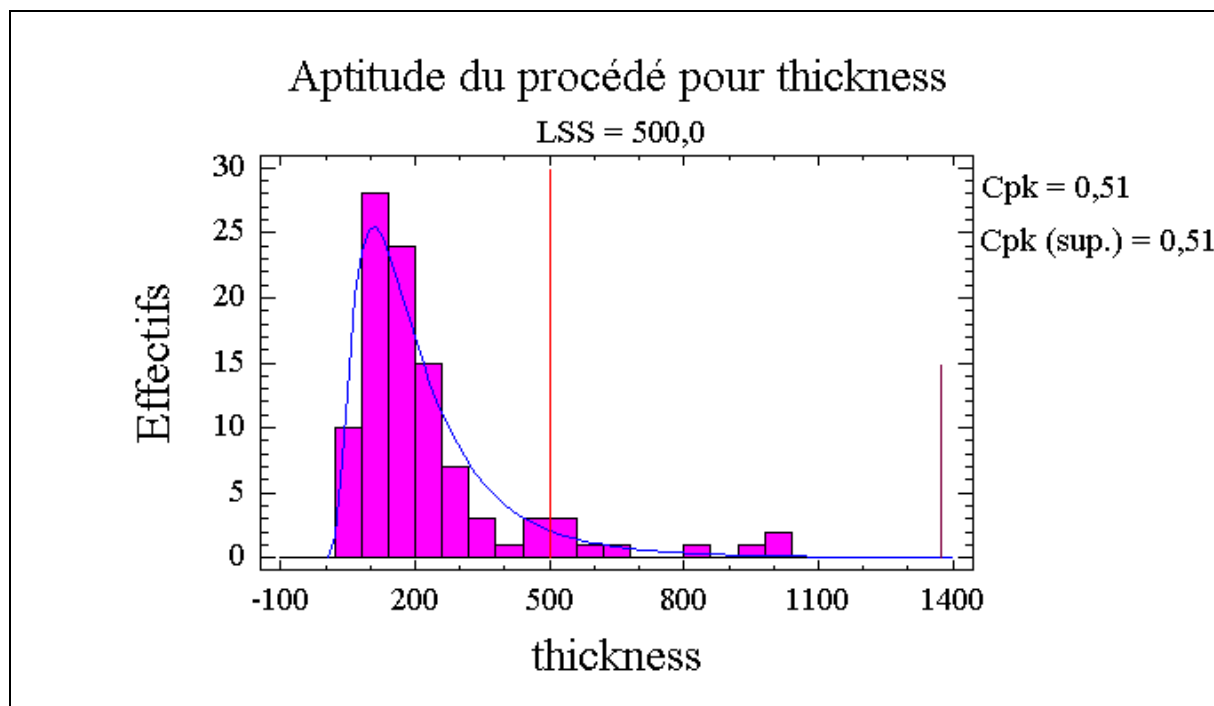
Une analyse d'aptitude d'un procédé, basée classiquement sur une loi normale, peut être faite en utilisant d'autres lois de probabilités:



Une loi log-normale fournit fréquemment un bon modèle pour des données qui ont une limite inférieure fixe.

Les indices d'aptitude dans de tels cas doivent être calculés en utilisant les centiles de la loi de probabilités ajustée plutôt que l'étendue usuelle "6-Sigma".

STATGRAPHICS offre le choix de plusieurs lois de probabilités qui peuvent être utilisées pour modéliser un échantillon de données ou bien de calculer les indices d'aptitude en sélectionnant une courbe de Pearson en fonction des coefficients d'aplatissement et d'asymétrie des données.



**Indices d'aptitude non-normaux pour thickness**

**Cpk = 0,326249**

**Centile à 99.865% = 1259,21**

**Centile à 50% = 132,37**

**LSS = 500,0**

**Le StatAdvisor**

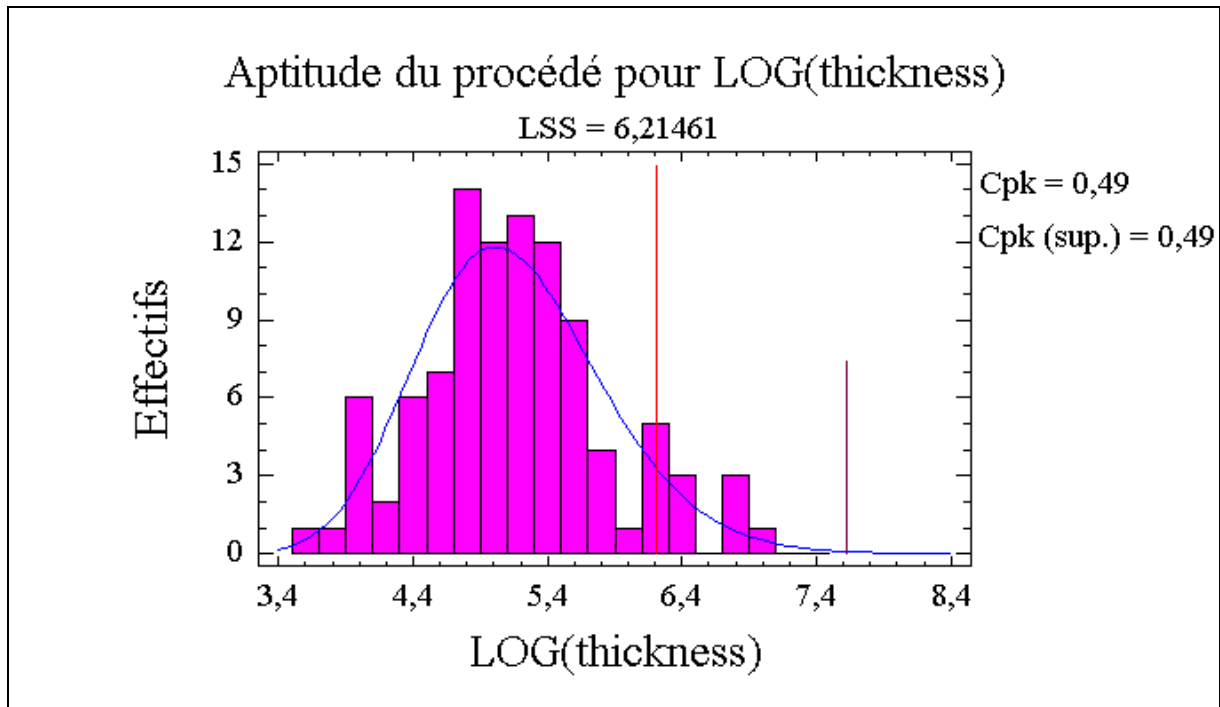
-----

Cette fenêtre donne des estimations des indices d'aptitude usuels sans supposer que thickness suit une loi normale. Pour calculer ces indices, les coefficients d'aplatissement et d'asymétrie de l'échantillon de thickness sont d'abord évalués. Basée sur ces coefficients estimés d'aplatissement et d'asymétrie, une loi est sélectionnée dans la famille générale des courbes de Pearson. Les estimations de la valeur centrale, des limites basse et haute de la loi sont alors calculées et utilisées pour évaluer les indices d'aptitude. Ces indices doivent être utilisés en remplacement des indices d'aptitude normaux si les tests de qualité d'ajustement ne sont pas satisfaisants.

**Transformation des données**

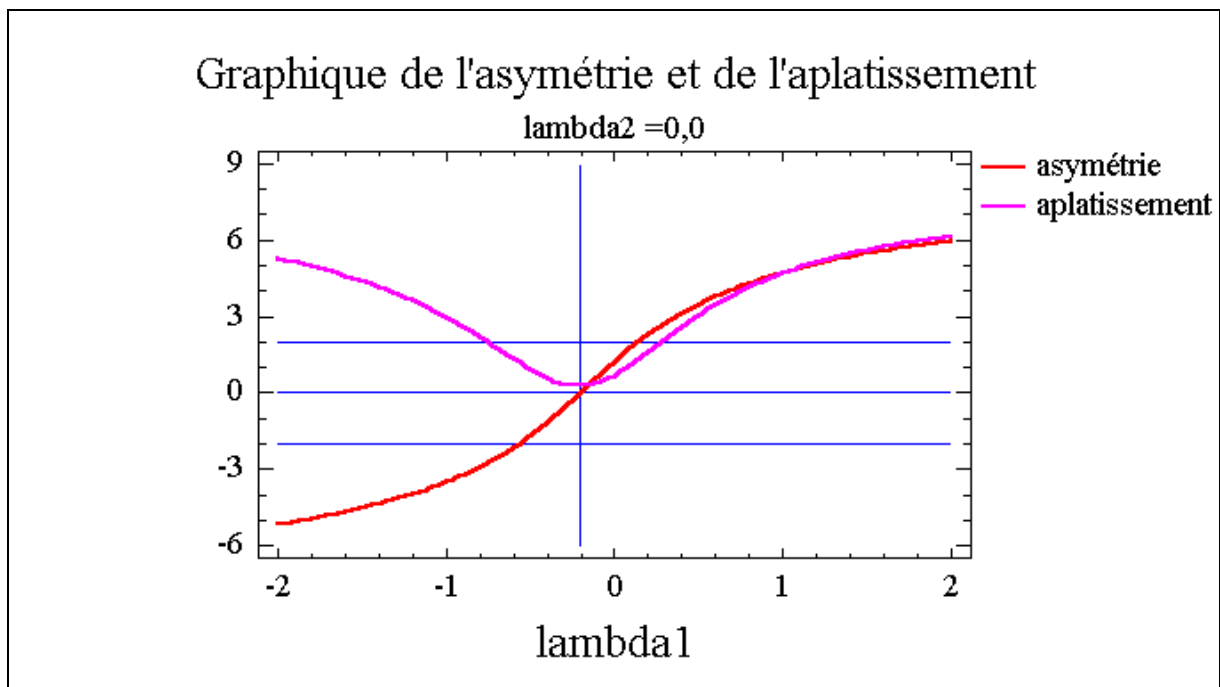
Dans de nombreux cas, les données de l'échantillon peuvent être transformées pour qu'elles suivent approximativement une loi normale. Par exemple, une racine carrée, un logarithme ou une inverse transforment souvent une distribution positivement asymétrique en une distribution de forme proche d'une courbe en cloche:





Les calculs statistiques sont alors effectués sur la variable transformée (après avoir transformé de façon similaire les limites des spécifications).

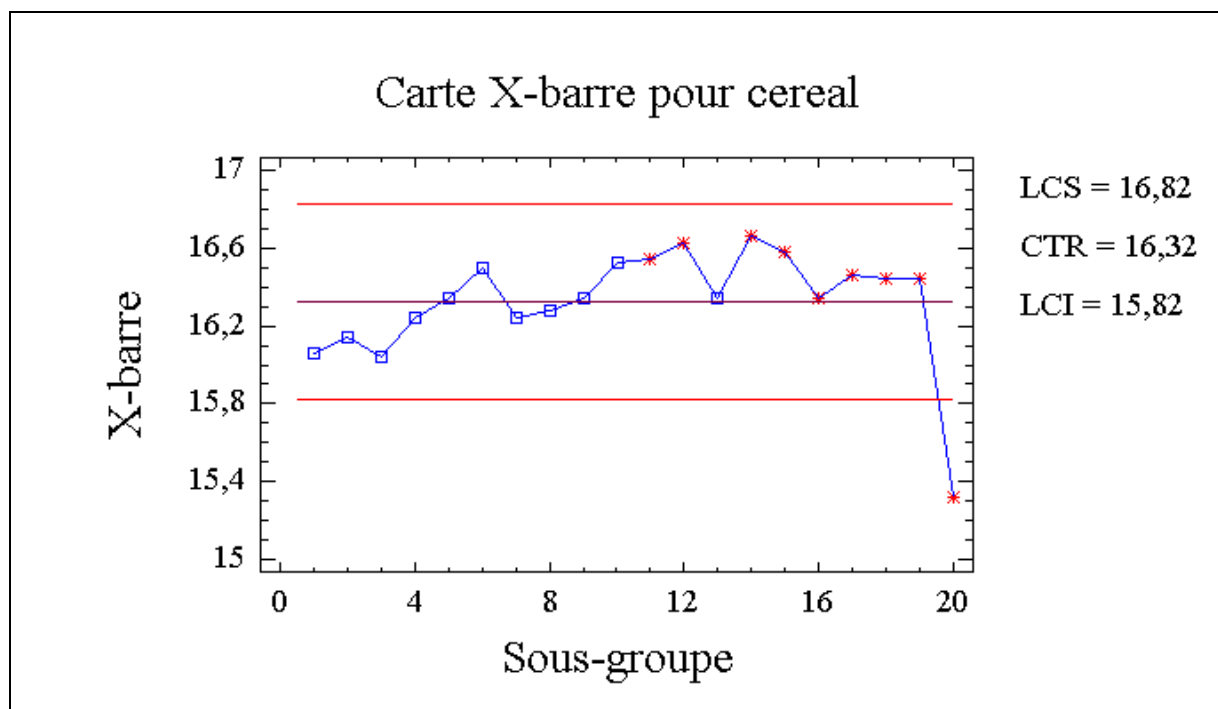
STATGRAPHICS inclut une procédure de 'Transformations par puissances' qui trouve de façon automatique la meilleure transformation d'un échantillon de données:



En se basant sur les coefficients d'aplatissement et d'asymétrie, une bonne transformation de l'échantillon des données peut aisément être trouvée.

# Cartes de contrôle

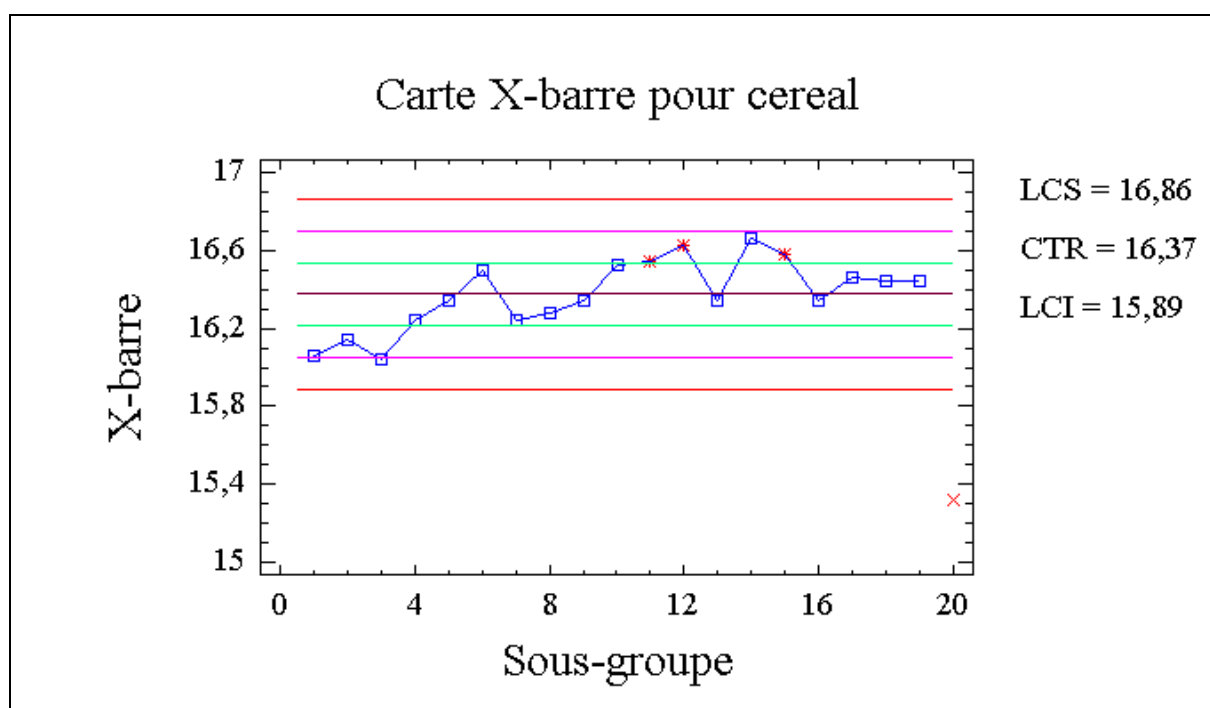
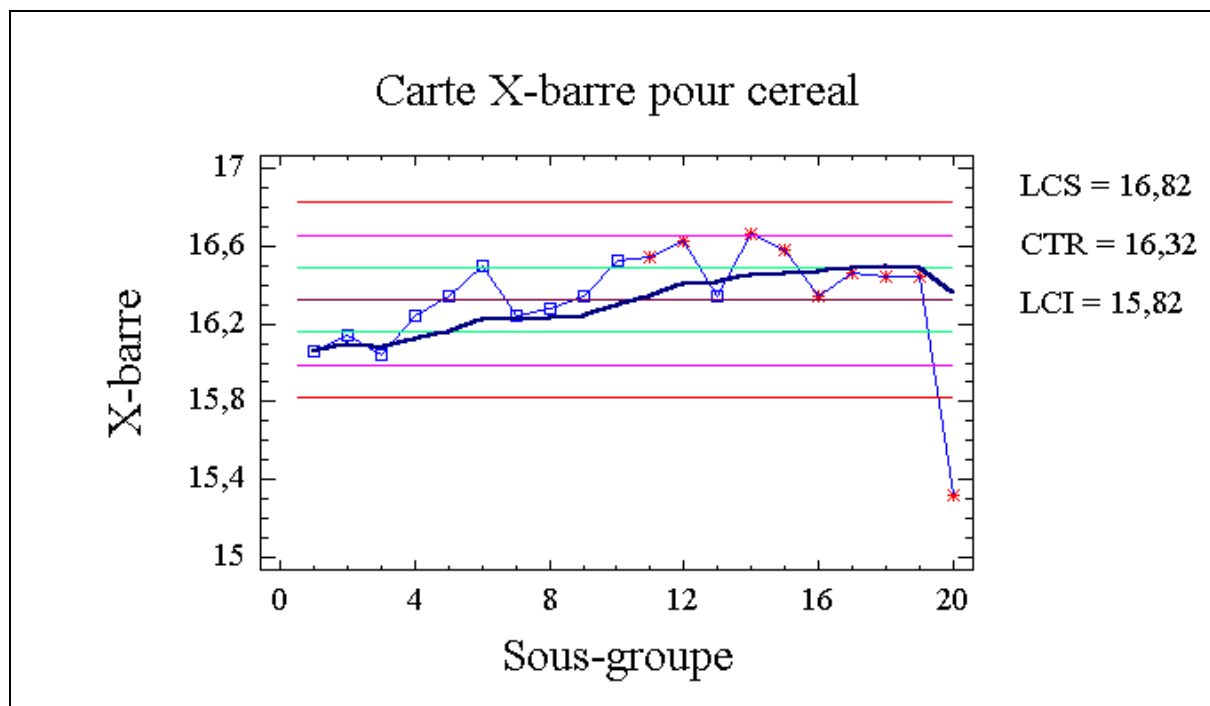
Une condition essentielle pour fabriquer des produits de qualité est de s'assurer que les caractéristiques du produit considéré restent constantes au cours du temps. La Maîtrise Statistique des Procédés est largement utilisée pour déterminer si un procédé est stable et pour le piloter dans le temps. Lorsque les caractéristiques intéressantes sont mesurées (plutôt qu'uniquement observées), il est courant d'afficher graphiquement les échantillons collectés des mesures et de visualiser des statistiques telles que la moyenne et l'étendue. Une carte de contrôle typique affiche les statistiques des échantillons avec des limites de contrôle supérieure et inférieure:



Un point au-delà des limites de contrôle indique que le procédé a dérivé ou qu'un évènement non habituel est survenu.

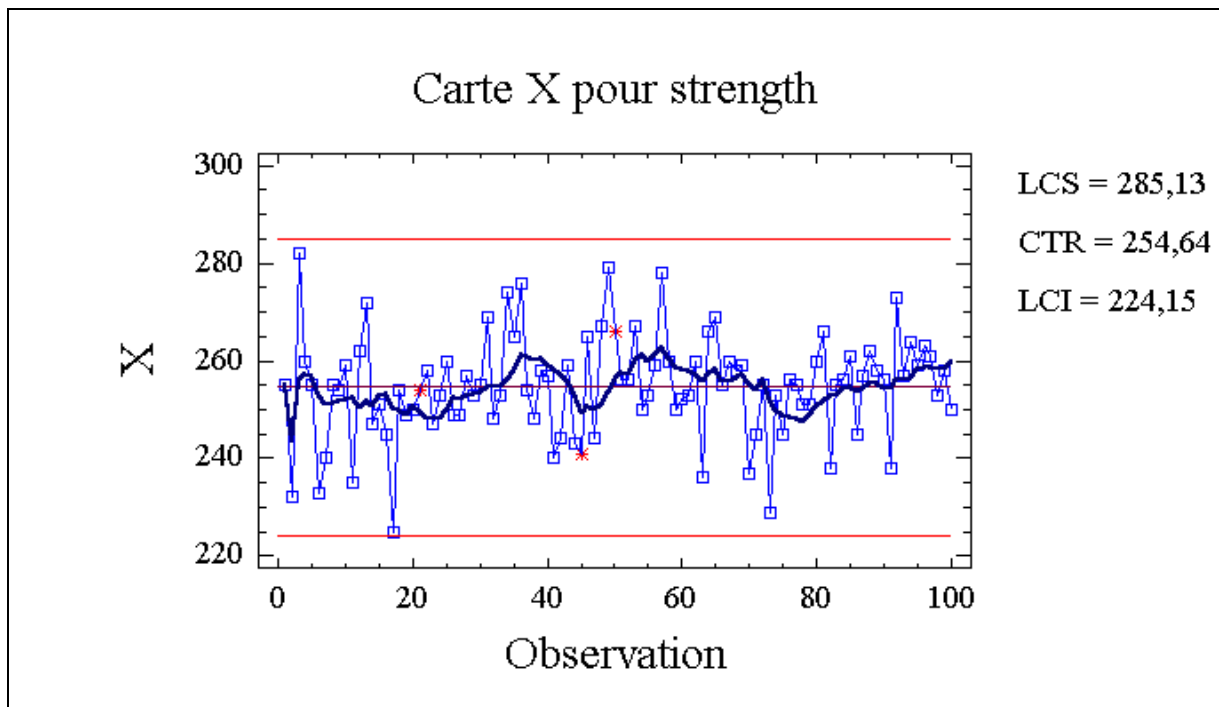
STATGRAPHICS permet d'effectuer diverses améliorations sur les cartes de contrôle. Par exemple, des limites de surveillance peuvent être ajoutées pour alerter à l'avance par rapport à des dérives du procédé ou des lissages par moyennes mobiles peuvent être ajoutés pour estimer les tendances sous-jacentes.

Lorsque vous utilisez des données historiques pour établir des limites pour piloter le procédé dans le futur, il peut être utile de supprimer certains points pour lesquels des causes assignables peuvent être trouvées. Dans STATGRAPHICS, vous pouvez cliquer sur un point et demander sa suppression, puis recalculer les limites de contrôle.



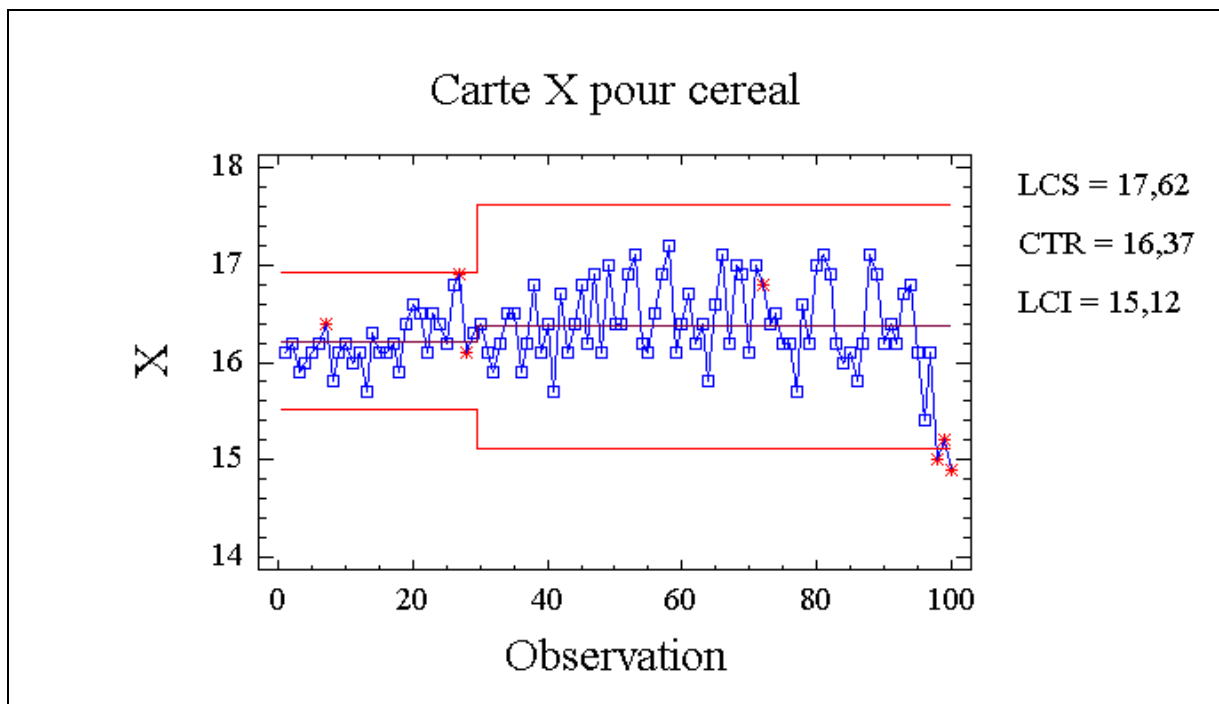
Des séquences non usuelles de points peuvent également être marquées dans le graphique, comme par exemple 4 ou 5 points au-delà des limites internes de surveillance comme montré ci-dessus.

Lorsque les mesures sont collectées une à la fois plutôt que par groupes, la carte des mesures et la carte en étendue mobile sont utilisées pour afficher les données. Le graphique ci-dessous montre les mesures collectées pour 100 produits, une mesure étant prélevée chaque heure d'une ligne de production sous contrôle:



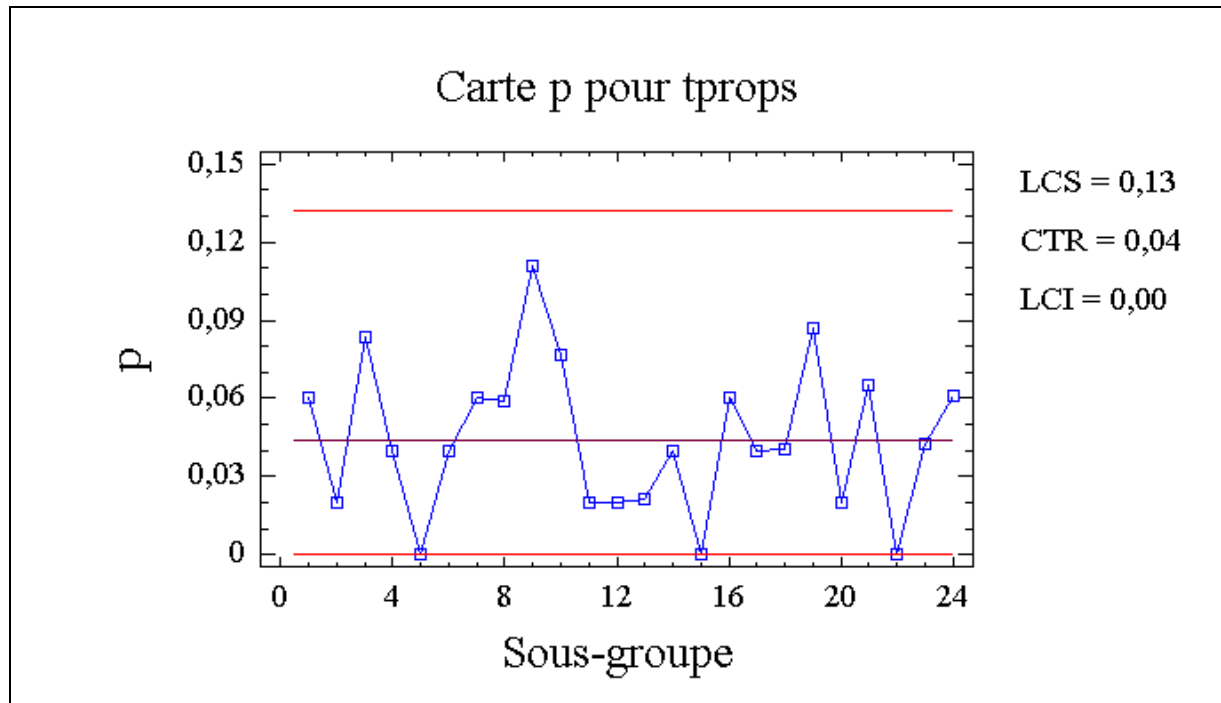
Le graphique inclut une moyenne mobile d'ordre 9 et les limites de contrôle associées. La moyenne mobile est calculée en prenant les 9 mesures les plus récentes, ce qui permet à la carte de contrôle de prendre en compte les petites dérives par rapport à la moyenne du procédé plus rapidement que si le graphique n'affichait que les mesures individuelles.

Les limites de contrôle peuvent également être recalculées à des points particuliers pour prendre en compte l'impact de petites dérives ou d'autres événements connus:

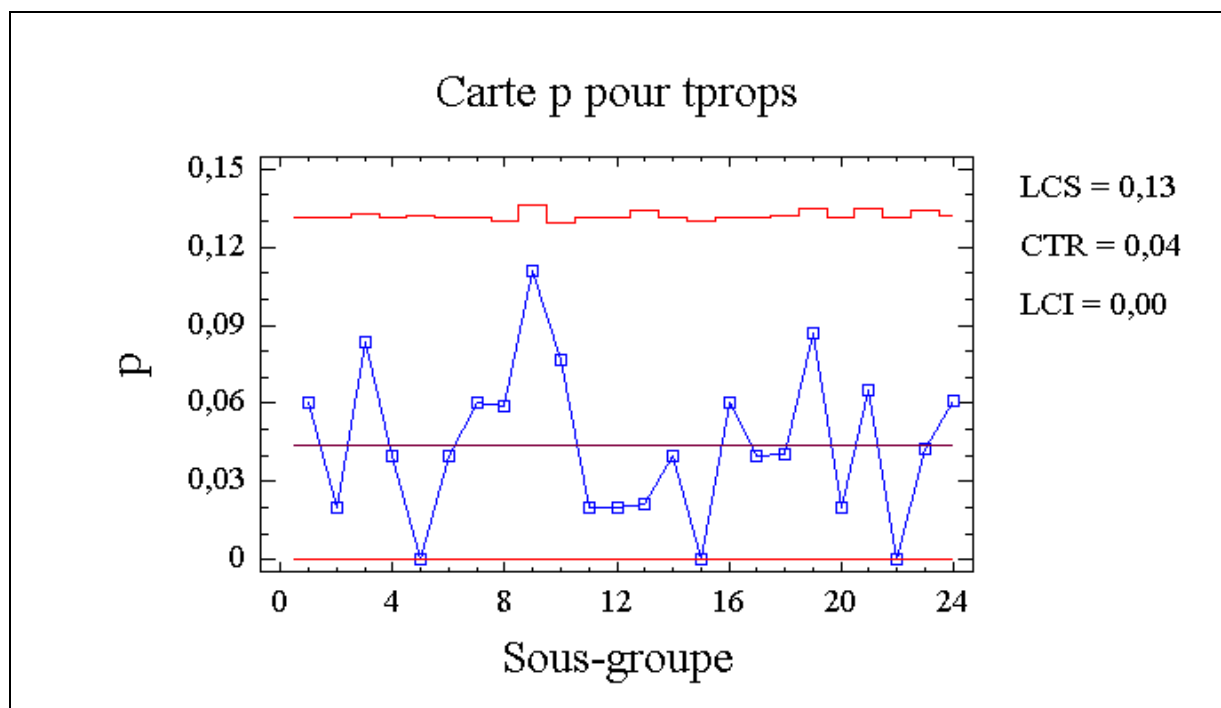


## Cartes de contrôle aux attributs

Lorsque les caractéristiques intéressantes ne peuvent pas être mesurées, alors les cartes de contrôle doivent être basées sur des statistiques telle que la proportion de produits défectueux dans un lot. Une carte P typique est montrée ci-dessous:

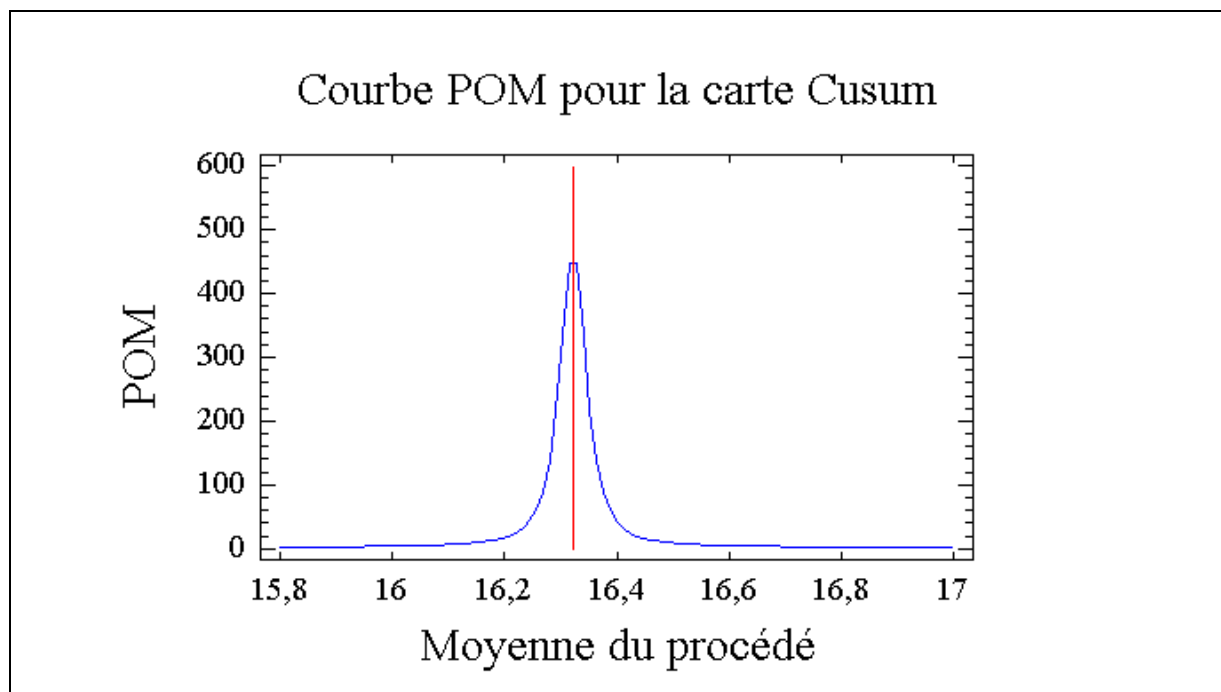
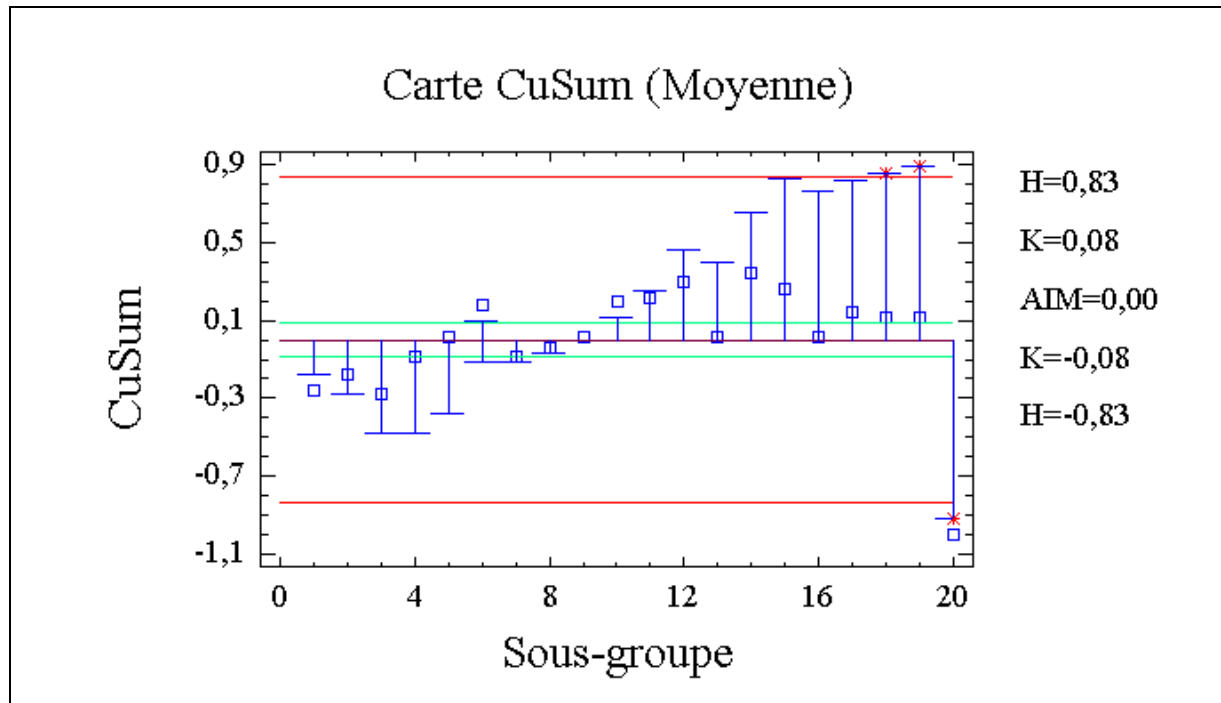


Si les tailles des échantillons varient, la carte peut soit être basée sur la taille moyenne des échantillons (comme montré ci-dessus), soit sur les tailles individuelles des échantillons (comme montré ci-dessous):



## Cartes CuSum et POM

Dans les industries chimiques, il est courant de piloter un procédé continu en affichant un graphique des sommes cumulées des écarts à une valeur cible. STATGRAPHICS peut créer divers types de cartes CuSum, dont la carte CuSum H-K montrée ci-dessous:



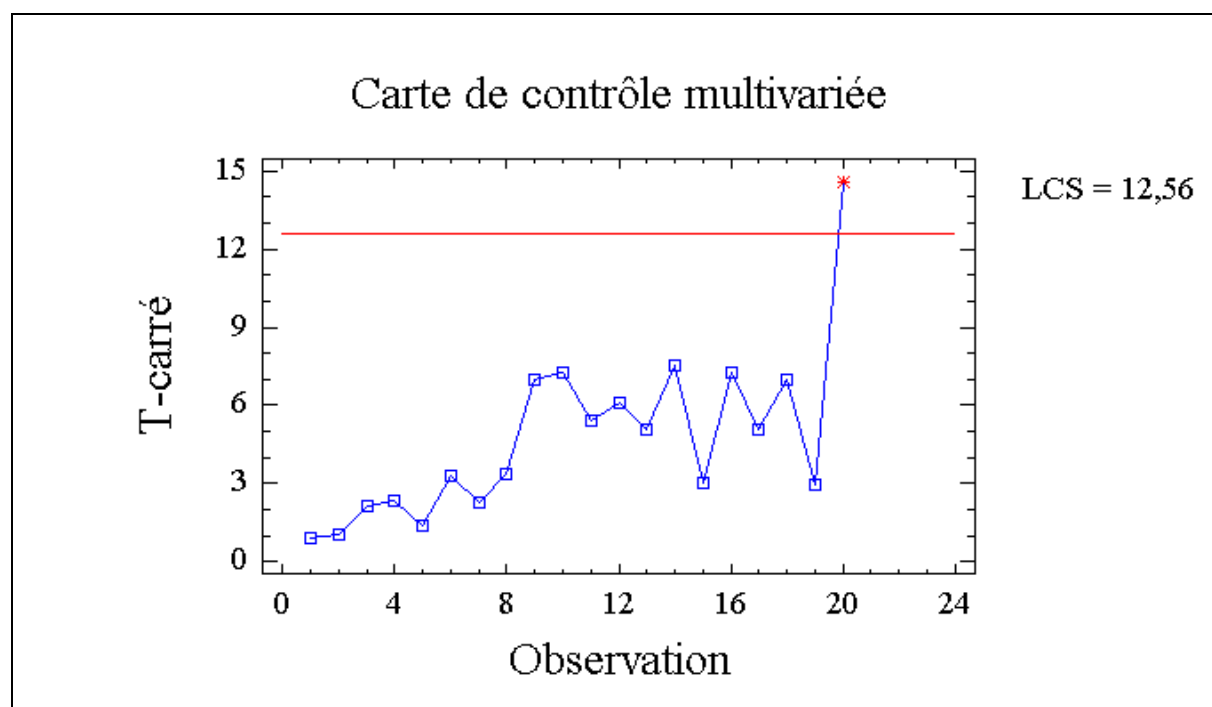
Bâtir une bonne carte de contrôle pour un procédé donné requiert une analyse attentive des caractéristiques de la carte. Pour aider à l'élaboration de la carte, STATGRAPHICS affiche des courbes illustrant des propriétés importantes de la carte, telle que la Période Opérationnelle Moyenne.

## Cartes de contrôle spéciales

Les cartes de contrôle classiques peuvent être modifiées de diverses façons. STATGRAPHICS offre des cartes de contrôle spéciales qui prennent en compte de façon simultanée plusieurs caractéristiques, des données corrélées dans le temps, les limites des spécifications du produit ou l'usure de l'outil.

### Cartes de contrôle multivariées

Lorsque plusieurs caractéristiques sont mesurées sur chaque produit fabriqué, une carte de contrôle pour chacune des caractéristiques peut faire perdre des informations importantes sur les données. Les cartes de contrôle multivariées permettent d'afficher une unique carte basée sur les mesures combinées et qui incorpore les corrélations significatives entre les caractéristiques.

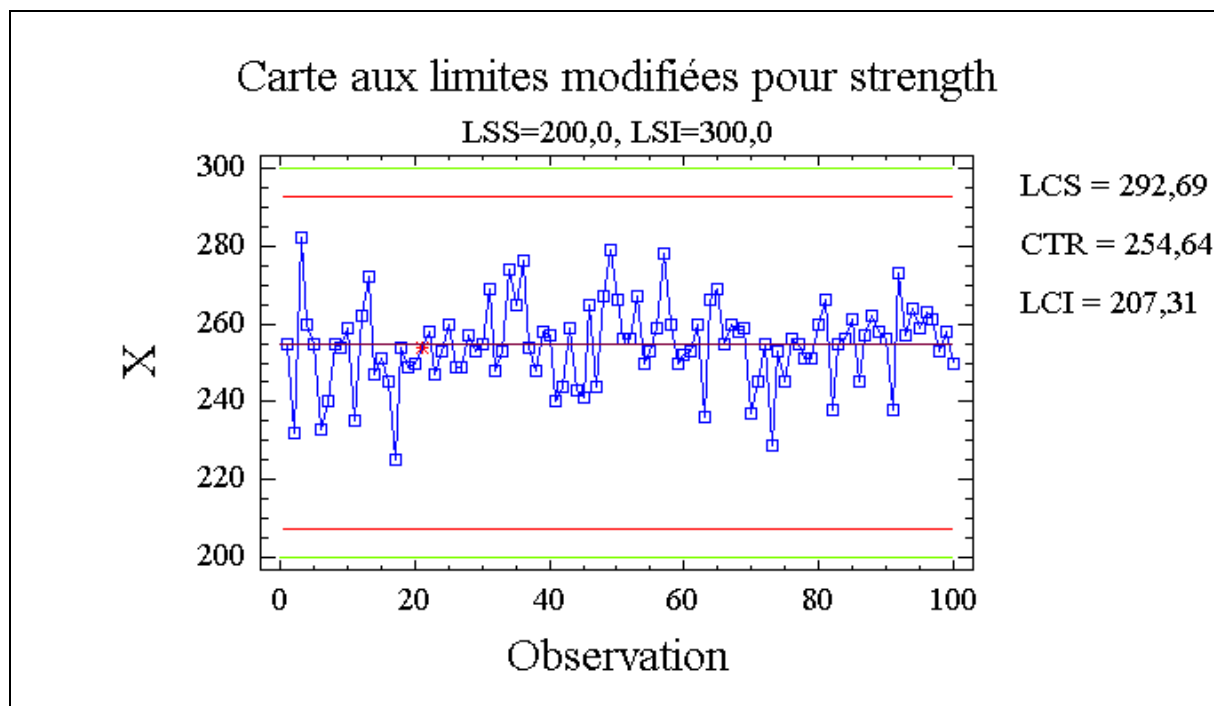


Toutes les valeurs de la statistique du T-carré au-delà de la limite de contrôle supérieure indiquent des produits qui ne sont pas habituels par rapport à toutes les caractéristiques considérées de façon simultanée.

### Cartes de contrôle aux "limites modifiées"

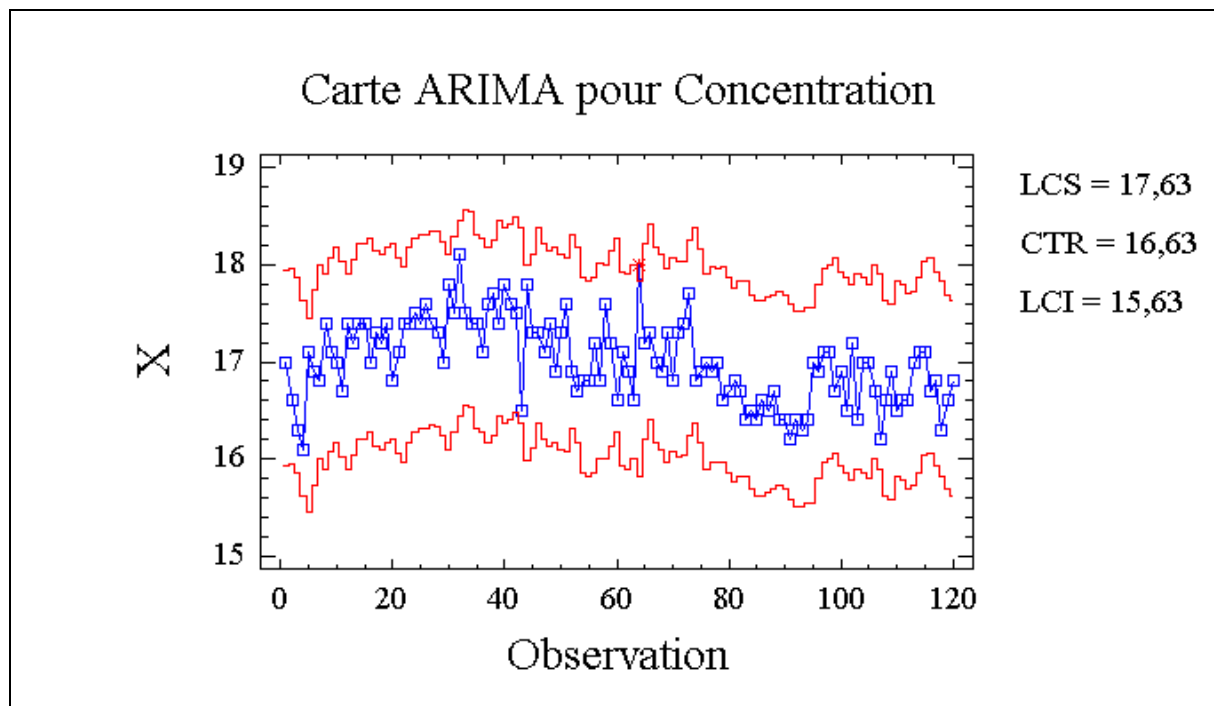
Lorsque les cartes de contrôle sont utilisées pour déterminer l'acceptation ou le rejet d'un produit, à la fois les limites modifiées des spécifications et les limites modifiées de contrôle peuvent être nécessaires pour maintenir les niveaux de risque fournisseur et de risque client.

Les limites de contrôle sont placées à une distance donnée à l'intérieur des limites des spécifications en se basant sur le niveau maximum autorisé de fabrication d'un produit non acceptable.



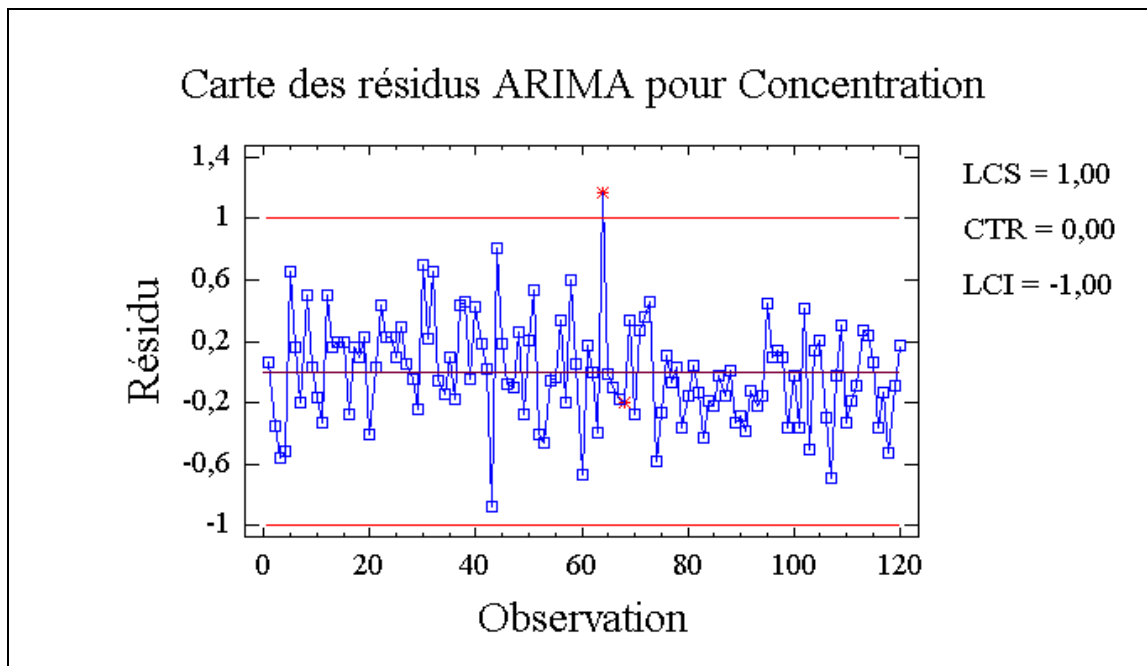
### Cartes de contrôle ARIMA

Les cartes de contrôle habituelles supposent que les mesures successives affichées dans le graphique sont non corrélées. Lorsque ce n'est pas le cas (suite à des variations naturelles de la moyenne du procédé), les cartes classiques peuvent conduire à de fausses et trop nombreuses alarmes. Les cartes ARIMA sont conçues pour prendre en compte la structure dynamique des données. Plusieurs type de cartes sont possibles, par exemple une carte affichant les limites de contrôle en se basant sur les prévisions de la prochaine observation.



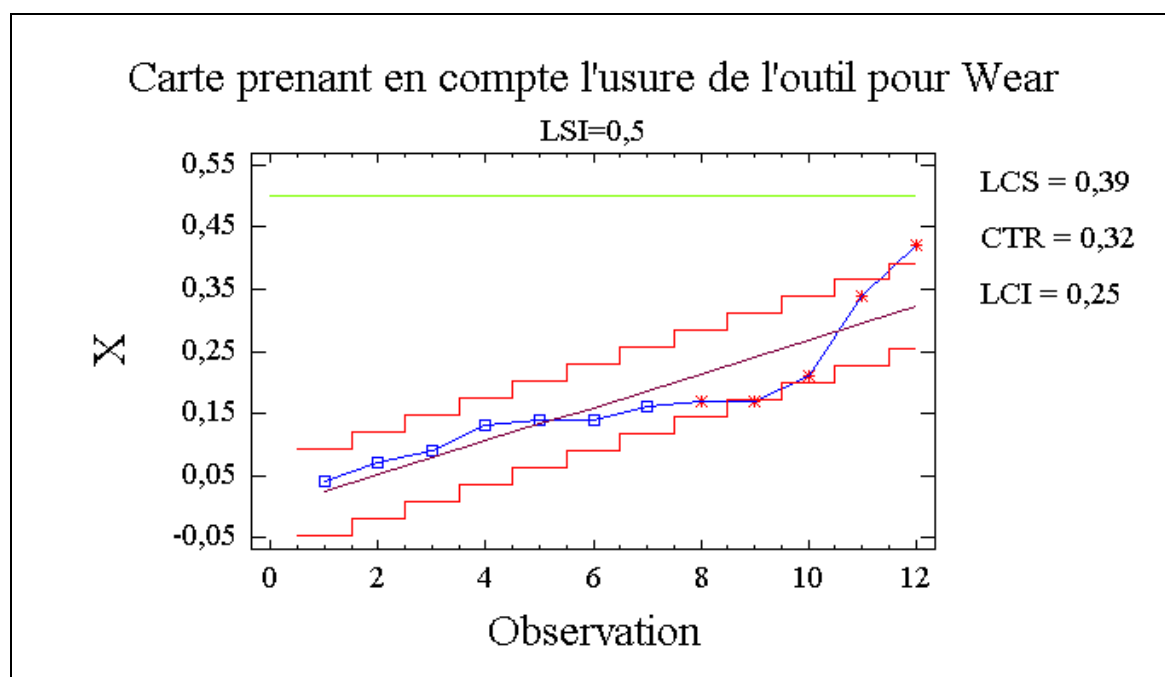


Une seconde possibilité consiste à afficher les limites de contrôle des résidus (écarts avec les valeurs prévues).



### Cartes de contrôle prenant en compte l'usure de l'outil

Lorsque vous affichez des données qui varient en fonction de l'usure d'un outil, les mesures suivent habituellement une tendance linéaire plutôt que de varier autour d'une valeur constante. Une carte de contrôle prenant en compte l'usure de l'outil place les limites de contrôle autour de cette droite de tendance. Des valeurs en dehors des limites de contrôle dans une telle carte indiquent que l'outil ne s'use pas de la manière attendue.

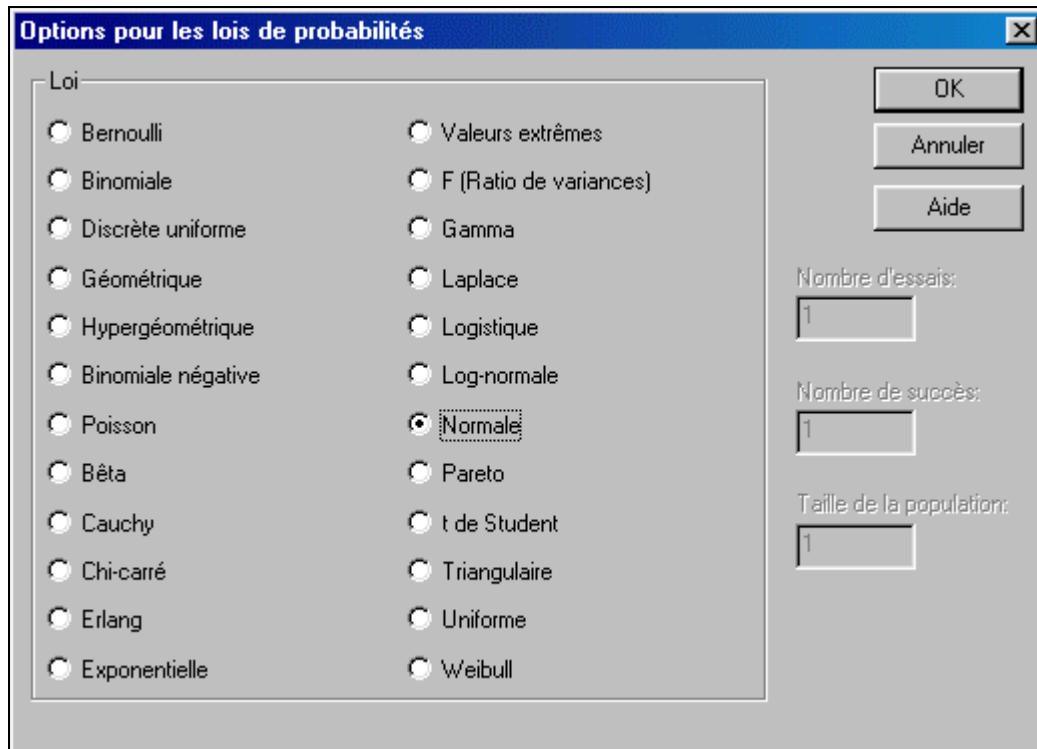


# Analyse de fiabilité

Un problème majeur pour de nombreux produits manufacturés est la fiabilité.

L'estimation de la durée moyenne entre défaillances et de la distribution globale des défaillances est un élément important de l'amélioration de la qualité.

STATGRAPHICS contient des outils pour traiter ces données, dont la possibilité d'ajuster 24 lois de probabilités en présence de censures.



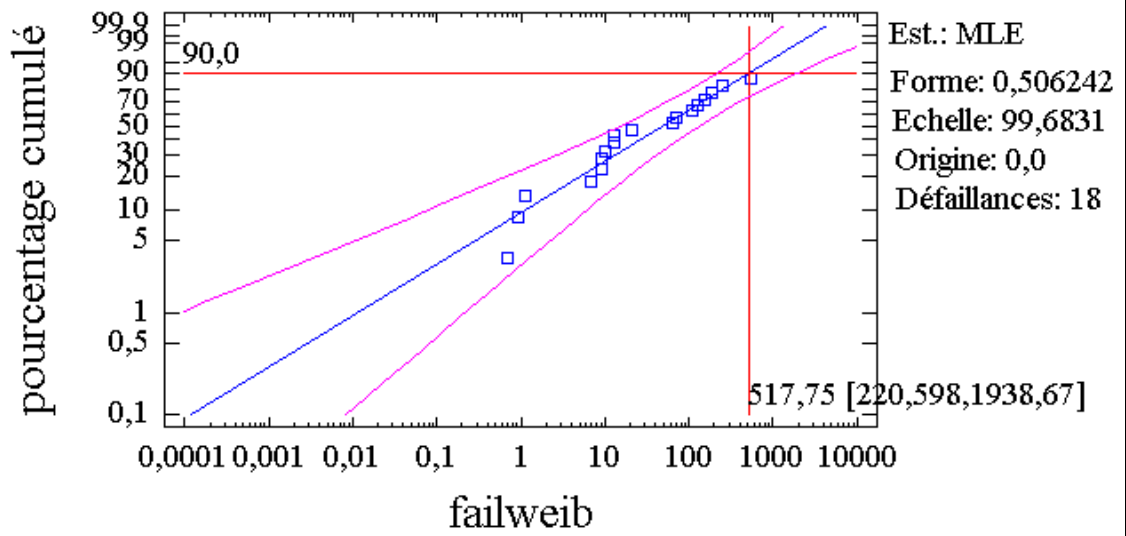
La notion de censure apparaît fréquemment lors des tests de durées de survie de produits puisque les tests sont souvent interrompus avant que chaque produit ne soit défaillant.

Une bonne prise en compte de cette notion de censure est importante pour l'estimation correcte de la distribution des défaillances.

Dans le graphique ci-dessus, une loi de Weibull a été ajustée à un jeu de données de défaillances et de censures pour estimer le temps auquel 90% des produits sont défaillants.

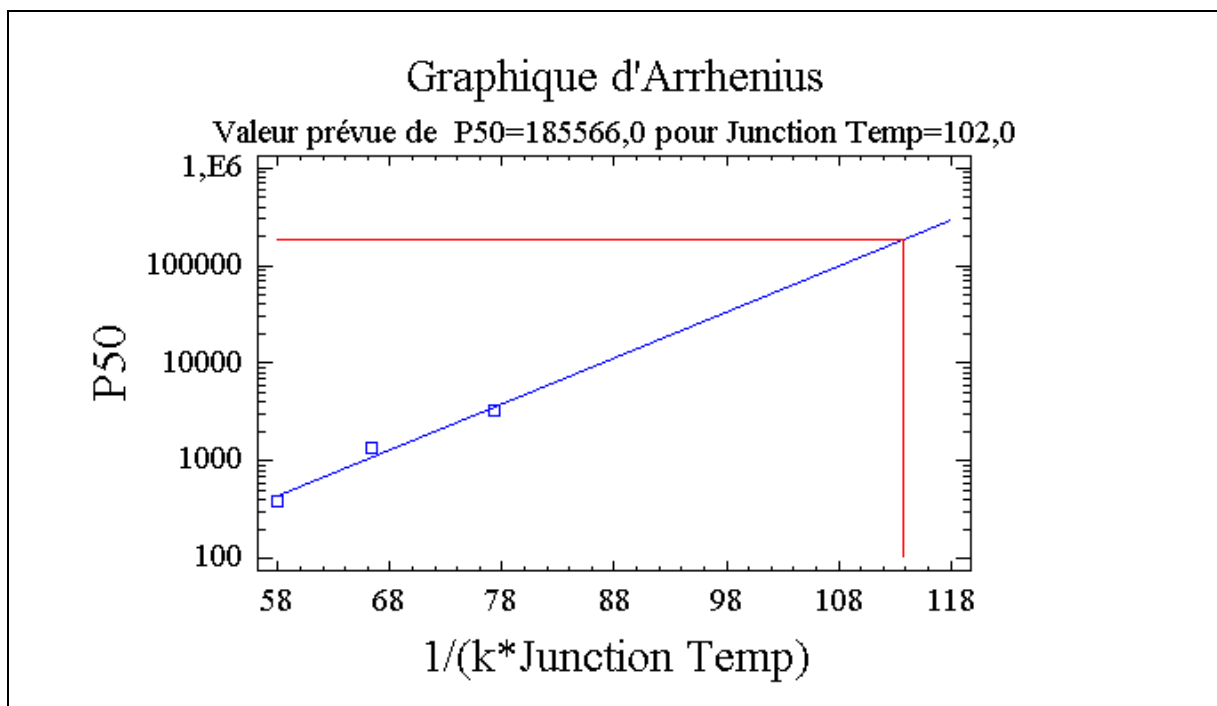
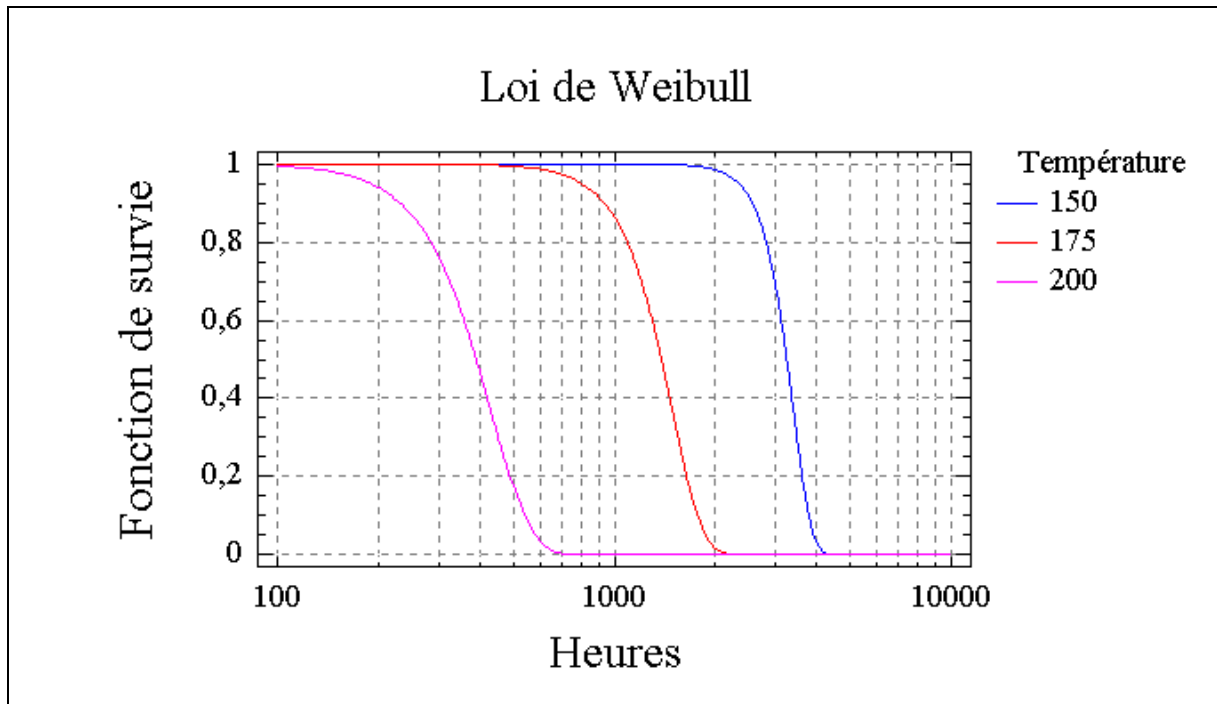
Le centile 90 est également affiché avec ses limites de confiance à 95%.

### Graphique de Weibull



## Méthode de vieillissement accéléré

Si un produit est conçu pour durer une longue période de temps, estimer le temps avant une défaillance peut ne pas être possible dans des conditions normales d'opération. Souvent, une variable telle que la température doit être utilisée pour accélérer le taux de défaillance.

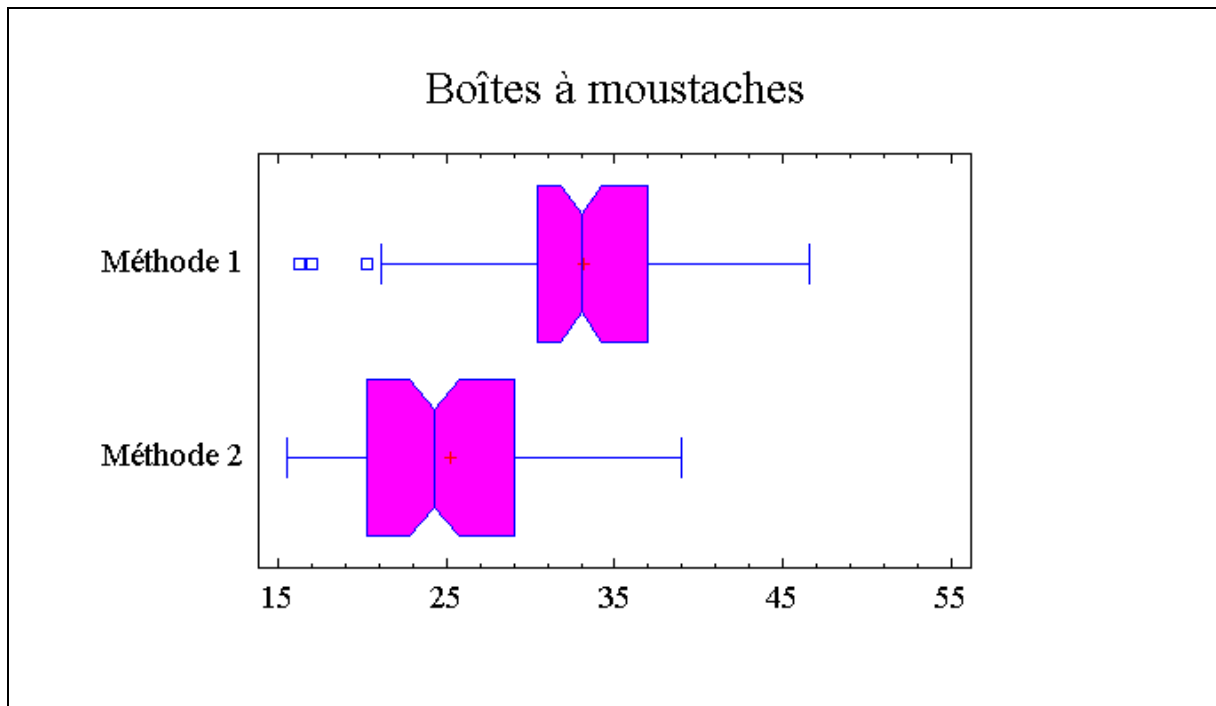


Les centiles qui en résultent peuvent alors être extrapolés pour des conditions normales d'opération de façon à estimer les distributions des temps des défaillances qui ne peuvent pas normalement être observés.

Un modèle d'Arrhenius est habituellement utilisé pour faire de telles extrapolations.

# Comparer des méthodes

Il existe de nombreuses circonstances dans lesquelles les données sont collectées dans deux populations différentes. Par exemple, des échantillons peuvent être obtenus sur deux lignes de production différentes, pour deux équipes différentes ou pour deux procédés de fabrication différents. Des techniques statistiques peuvent aider à déterminer s'il existe ou non une différence significative entre les deux ensembles de données.



## Comparaison des moyennes

### Test t de comparaison des moyennes

Hypothèse nulle: moy1 = moy2

(1) Hypothèse Alt.: moy1 NE moy2

en supposant l'égalité des variances: t = 7,76632 Niv. sig. = 1,1271E-12

### Le StatAdvisor

Cette option effectue un test t de comparaison des moyennes des deux échantillons. Il calcule également des intervalles ou limites de confiance pour chaque moyenne et pour la différence entre les moyennes. L'intervalle de confiance pour la différence entre les moyennes est particulièrement intéressant. Il s'étend de 5,87622 à 9,88603. Comme l'intervalle de confiance ne contient pas la valeur 0, il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes au niveau de confiance de 95,0%.

Des représentations graphiques, comme les boîtes à moustaches, et des tests statistiques, comme les tests t, peuvent déterminer le niveau de signification d'une différence apparente.

Une fonctionnalité unique de STATGRAPHICS est le StatAdvisor, qui comme le montre le tableau ci-dessus, ajoute une explication simple des résultats à chacune des analyses statistiques pour aider l'utilisateur à interpréter correctement les résultats.

# ANOVA - Analyse de la variance

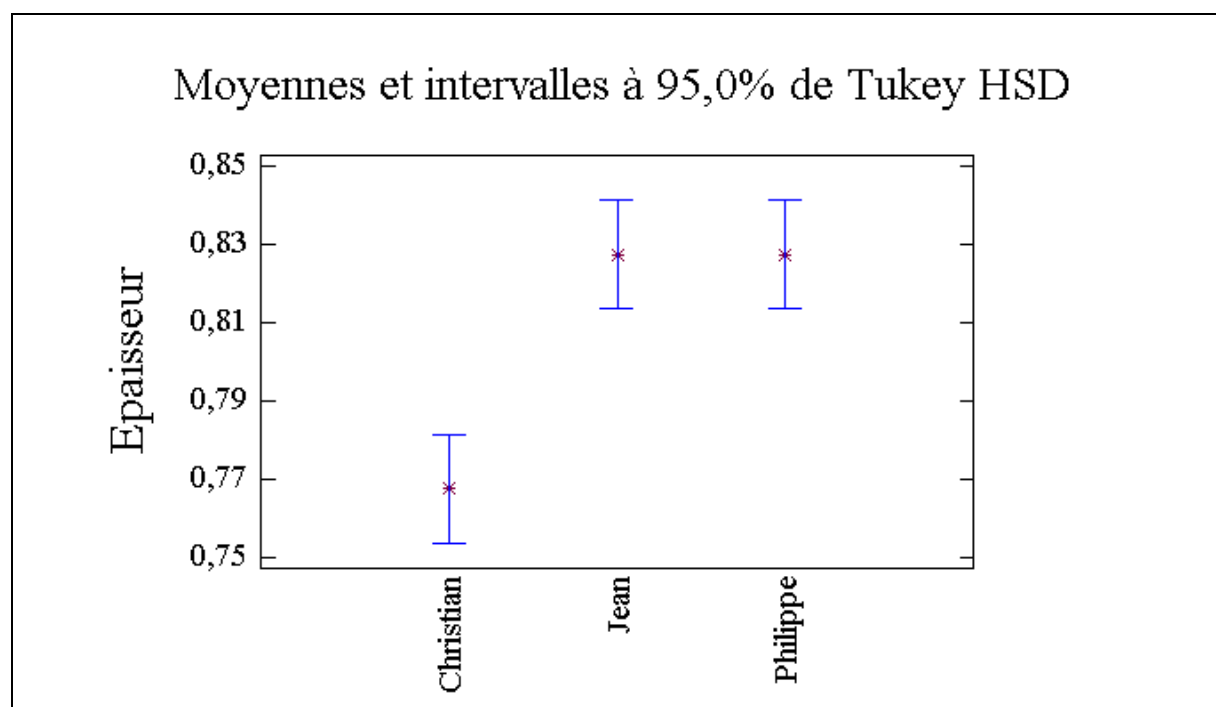
Lorsque plusieurs groupes de données sont à comparer, une analyse de la variance (ANOVA) doit être effectuée. Une telle analyse va déterminer s'il y a des différences significatives entre les groupes, et si c'est le cas, quels groupes sont significativement différents les uns des autres.

Analyse de variance pour Epaisseur - Somme des carrés de type III					
Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Niv. sig.
<b>EFFETS PRINCIPAUX</b>					
A:Operateur	0,048	2	0,024	18,58	0,0000
B:Piece	2,05871	9	0,228745	177,09	0,0000
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	0,103667	18	0,00575926	4,46	0,0002
RESIDU	0,03875	30	0,00129167		
<b>TOTAL (CORRIGE)</b>					
	2,24913	59			

Tous les F sont basés sur l'erreur résiduelle quadratique moyenne.

Le StatAdvisor

Le tableau de l'ANOVA décompose la variabilité de Epaisseur en contributions dues aux divers facteurs. Comme la somme des carrés de type III (par défaut) a été choisie, la contribution de chaque facteur



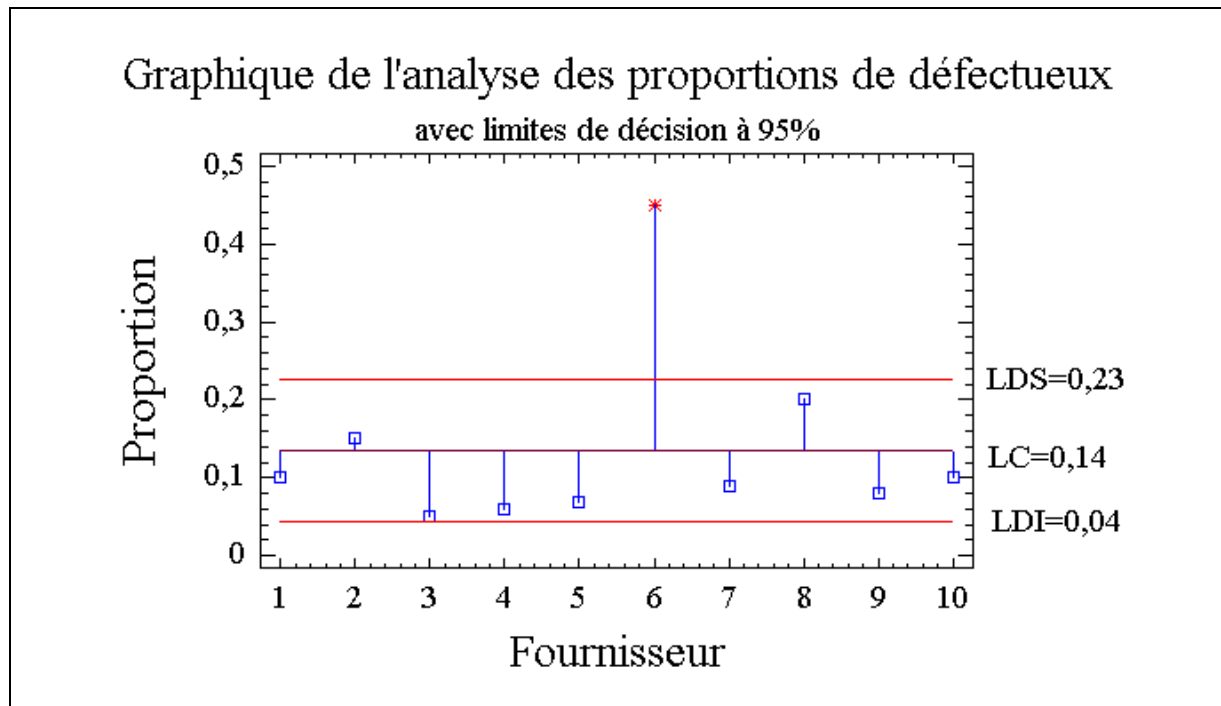


Des représentations graphiques, comme celle des intervalles HSD (différences honnêtes significatives) montrée ci-dessous, permettent à l'analyste de déterminer si les différences entre les groupes sont statistiquement significatives en fonction de la présence ou de l'absence de chevauchements des intervalles.

STATGRAPHICS permet de définir et d'étudier des analyses de la variance mettant en oeuvre un ou plusieurs facteurs.

# Analyse d'attributs

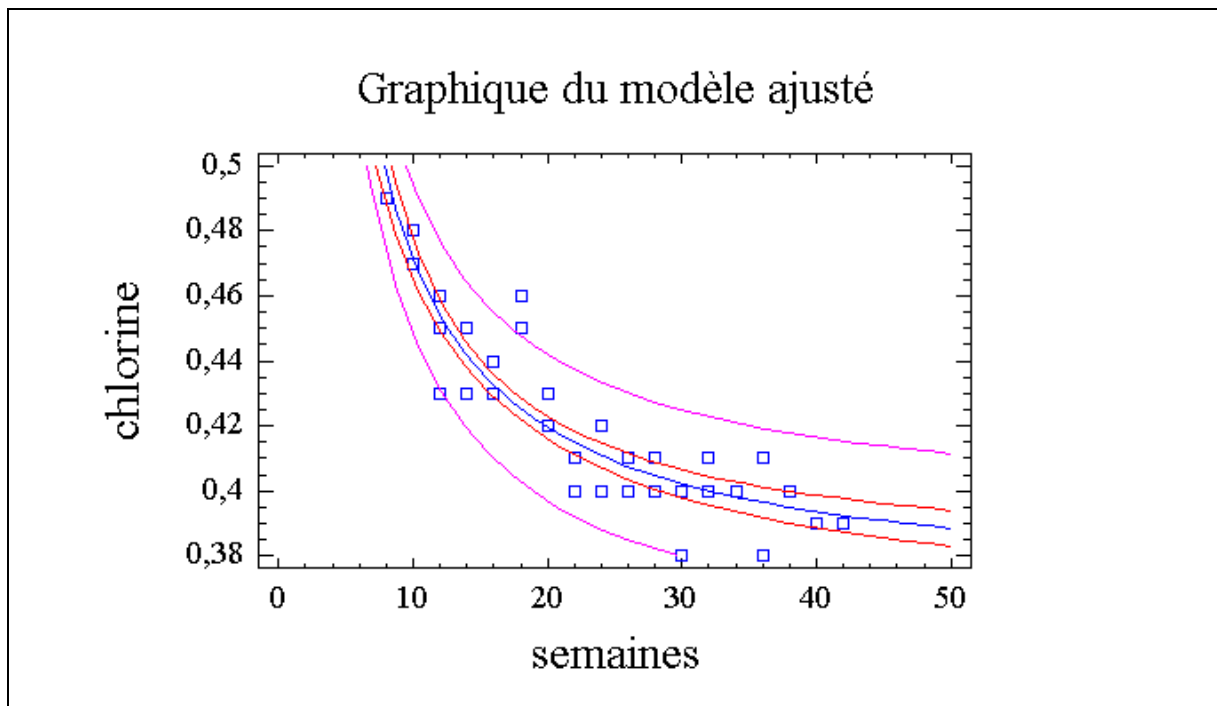
Alors que beaucoup de techniques statistiques sont conçues pour utiliser des données mesurées, les données collectées dans les processus d'amélioration de la qualité sont fréquemment des attributs. STATGRAPHICS contient une grande variété de procédures pour visualiser, tester et comparer à la fois des taux et des proportions.



Des techniques comme l'analyse des moyennes permettent à l'analyste de déterminer si certains échantillons sont significativement différents des autres.

# Méthodes de régression et ajustement de courbes

Une technique couramment utilisée en statistique est la régression, qui estime la relation mathématique entre une variable de réponse Y et une ou plusieurs variables explicatives X:



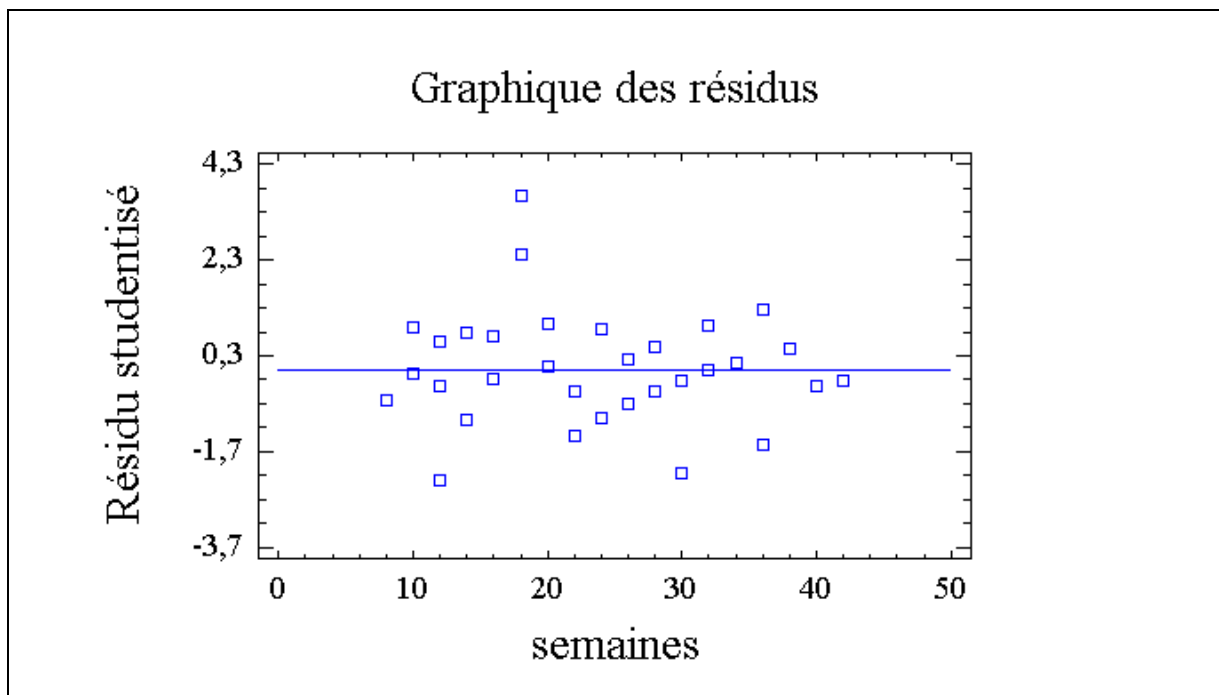
Comparaison des modèles alternatifs		
Modèle	Corrélation	R-carré
Réciproque en X	0,9333	87,11%
Courbe en S	0,9288	86,27%
Réciproque double	-0,9233	85,25%
Multiplicatif	-0,9218	84,98%
Log probit	-0,9210	84,82%
Logarithmique en X	-0,9207	84,77%
Racine carrée en X	-0,8974	80,54%
Réciproque en Y	0,8759	76,73%
Exponentiel	-0,8710	75,87%
Racine carrée en Y	-0,8682	75,37%
Logistique	-0,8665	75,08%
Linéaire	-0,8651	74,83%

Le StatAdvisor

Ce tableau montre les résultats de l'ajustement de plusieurs

Différents types de courbes peuvent être ajustés automatiquement et listés en fonction de la qualité de l'ajustement.

Différents graphiques de diagnostics sont disponibles pour vérifier l'adéquation du modèle ajusté notamment le graphique des résidus studentisés qui montre de combien d'écart-types chaque point s'écarte de la ligne ajustée.



STATGRAPHICS contient des procédures permettant de mettre en oeuvre de multiples modèles de régression dont la régression multiple, la régression pas à pas, la régression logistique, la régression polynomiale et les modèles d'étalonnage.

# Détermination de la taille d'un échantillon

Une des questions majeures pour les qualitateurs est de savoir combien de données il faut collecter. STATGRAPHICS possède plusieurs procédures permettant de déterminer les tailles adéquates d'échantillons, à la fois pour des mesures et des attributs.

Détermination de la taille d'un échantillon

Paramètre

Moyenne de loi normale

Ecart-type de loi normale

Proportion binomiale

Taux de loi de Poisson

OK

Annuler

Aide

Moyenne hypothétique:  
0.

Ecart-type hypothétique:  
1.

Proportion hypothétique:  
0,5

Taux hypothétique:  
1.

## Détermination de taille(s) d'échantillon(s)

-----

Paramètre à estimer: Moyenne d'une loi normale

Tolérance désirée: +- 1,0|

Niveau de confiance: 95,0%

Ecart-type supposé: 1,0

La taille requise pour l'échantillon est de n=7 observations.

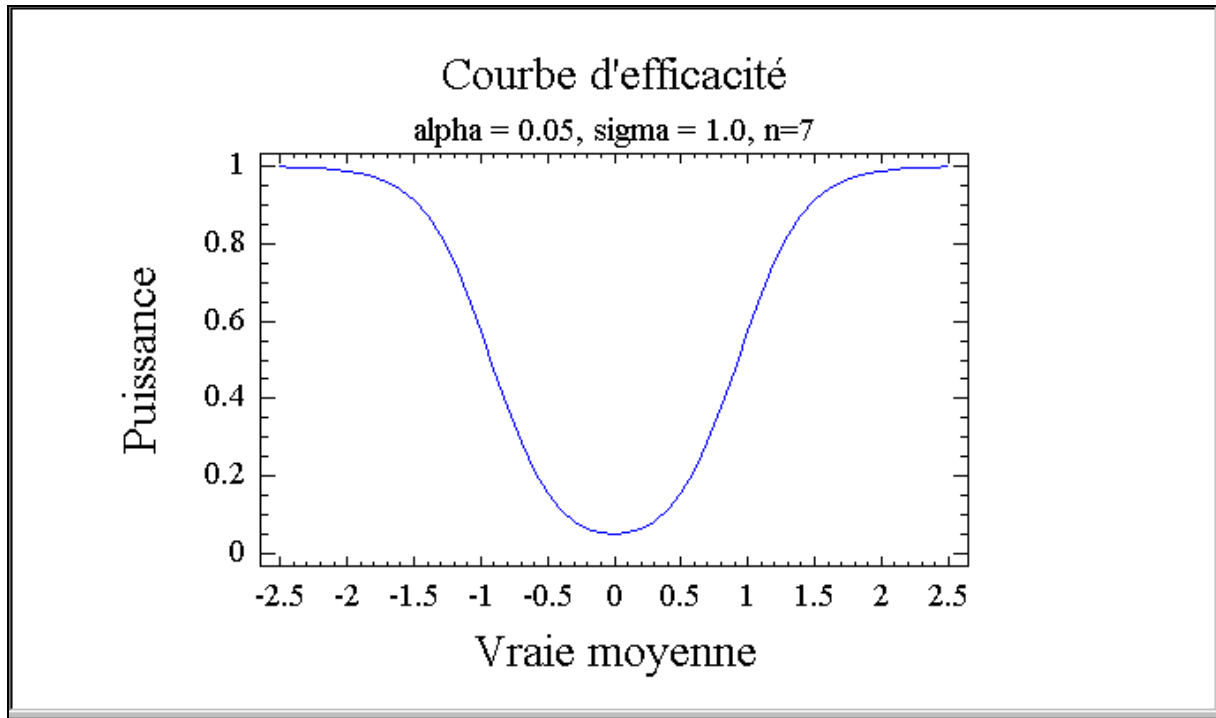
Le StatAdvisor

-----

Cette procédure détermine la taille de l'échantillon requise pour estimer la moyenne d'une loi normale. En supposant que l'écart-type de la loi normale soit égal à 1,0, 7 observations sont nécessaires pour estimer la moyenne à +/-1,0 avec un niveau de confiance de 95,0%.

La taille suggérée pour l'échantillon permettra au qualicien d'avoir une grande confiance dans les études qu'il va mener et dans sa prise de décision.

Les affichages graphiques, comme la courbe d'efficacité, illustrent la sensibilité des procédures comme les tests d'hypothèses ou les cartes de contrôle à des variations de la moyenne d'un procédé.

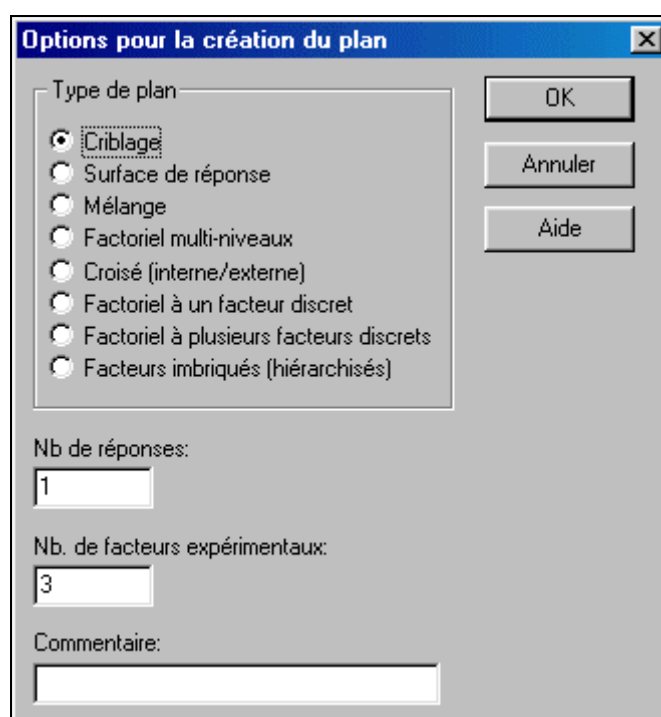


# Plan d'expériences

Améliorer et maintenir la qualité d'un produit requiert une compréhension des relations entre les variables critiques. Trouver des régions d'opération dans lesquelles les caractéristiques désirées peuvent être maintenues de façon rigoureuse jour après jour rend nécessaire une démarche active de recherche de la qualité de la production et pas uniquement une démarche passive constituée d'actions correctives lorsque quelque chose est déréglé. Par l'intermédiaire de l'approche statistique des plans d'expériences, l'ingénieur peut obtenir une compréhension du procédé de façon précise et économique.

## Construire le plan d'expériences

La partie "Plans d'expériences" de STATGRAPHICS permet de créer différents types de plans d'expériences.



Des plans d'expériences sont fournis pour:

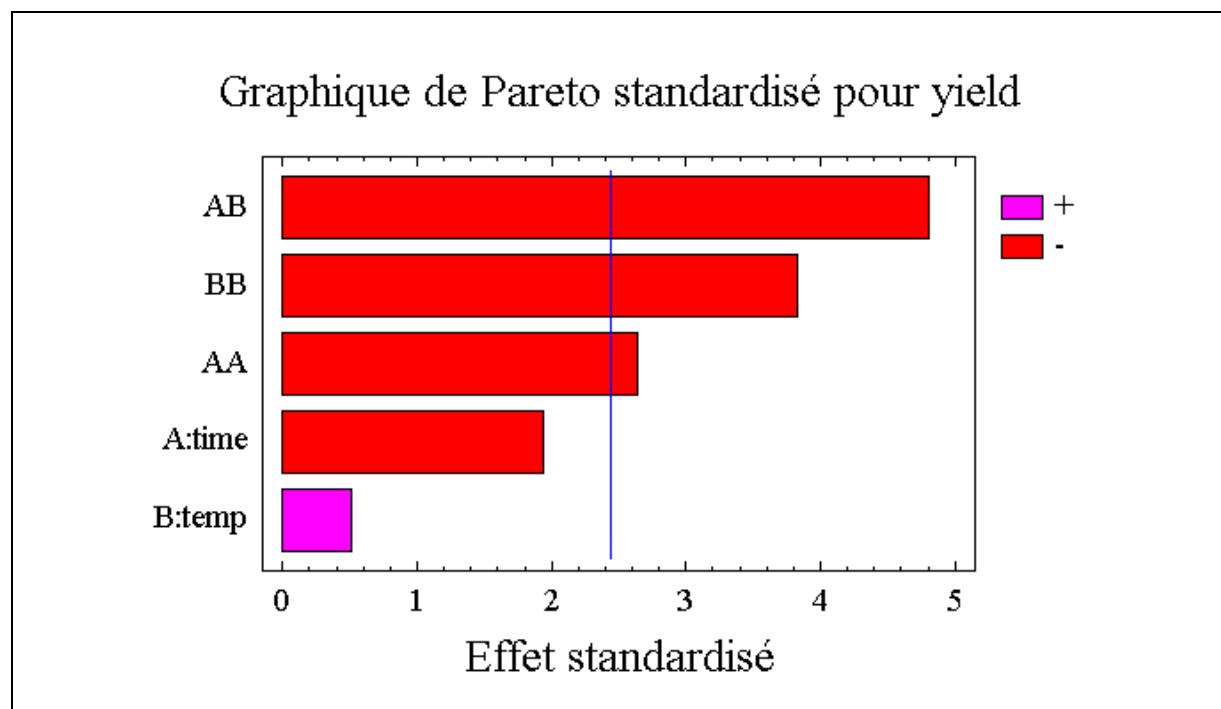
- Cribler un ensemble de variables pour déterminer celles qui ont les plus forts impacts sur les caractéristiques de la qualité.
- Trouver les paramétrages optimaux des facteurs les plus importants.
- Déterminer les meilleures proportions des composants d'un mélange.
- Trouver les conditions robustes d'opération pour lesquelles le procédé n'est pas sensible à des variations non contrôlables des facteurs de bruit.
- Comparer les niveaux d'un ou plusieurs facteurs discrets.
- Estimer l'importance relative de différents composants de la variance sur la variabilité globale d'un produit.

A la fois des plans classiques et des plans modernes sont fournis, dont les plans factoriels complets et fractionnaires, centrés composites, Plackett-Burman, Box-Behnken, carrés latins et BIE. Le logiciel inclut également les plans D-optimaux et les plans suggérés par Taguchi.

### Analyser le plan d'expériences

En plus de la construction du plan, STATGRAPHICS va prendre en main les mesures expérimentales et les analyser en utilisant les méthodes statistiques les plus appropriées.

Le rapport généré par le logiciel est en grande partie graphique, indiquant les variables qui ont des impacts significatifs sur les réponses:



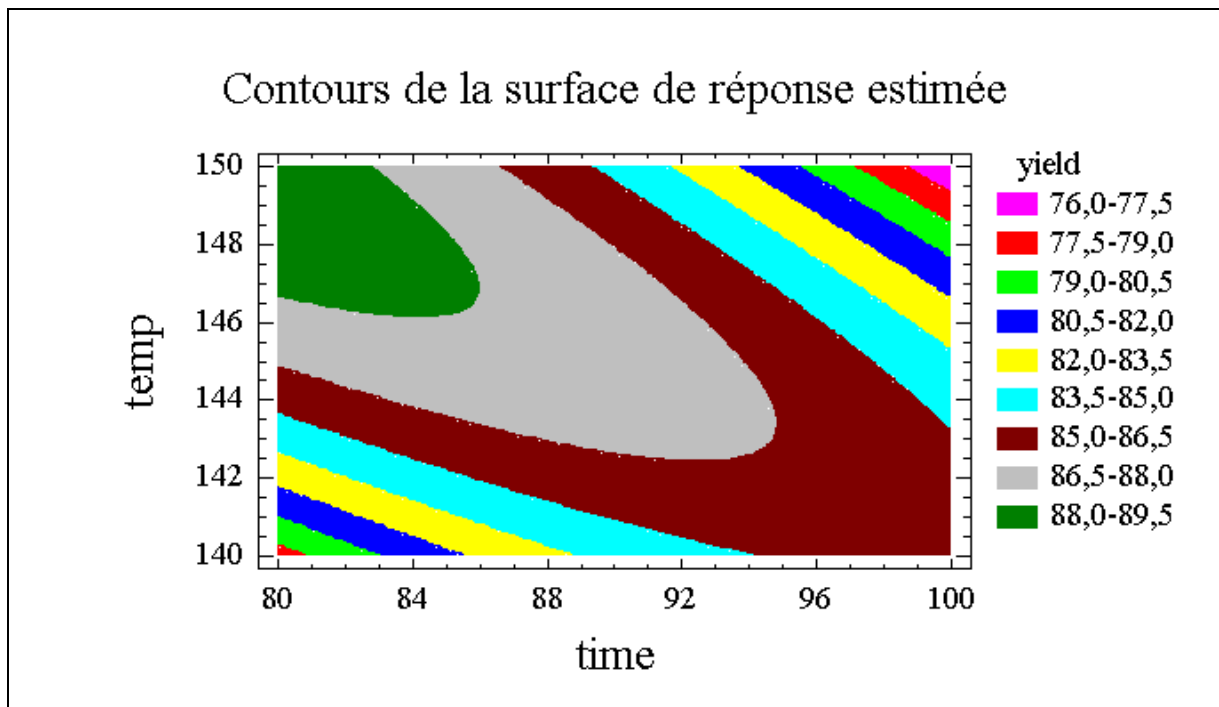
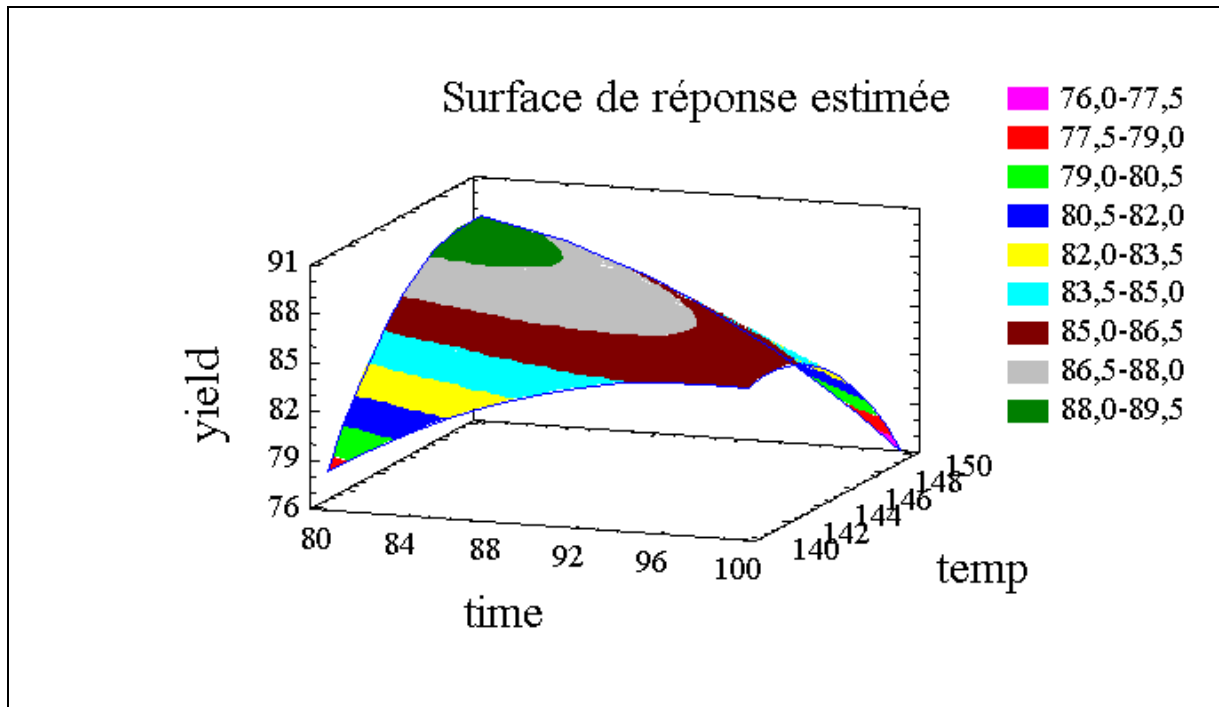
Il affiche également les relations entre les facteurs expérimentaux et les réponses de diverses façons.

Un graphique en surface de réponse est habituellement efficace pour illustrer le modèle statistique ajusté.

Les conditions optimales peuvent être trouvées numériquement pour une ou plusieurs réponses, puis affichées dans un graphique d'iso-contours.

Une meilleure compréhension des relations internes d'un procédé conduit souvent à une performance améliorée.



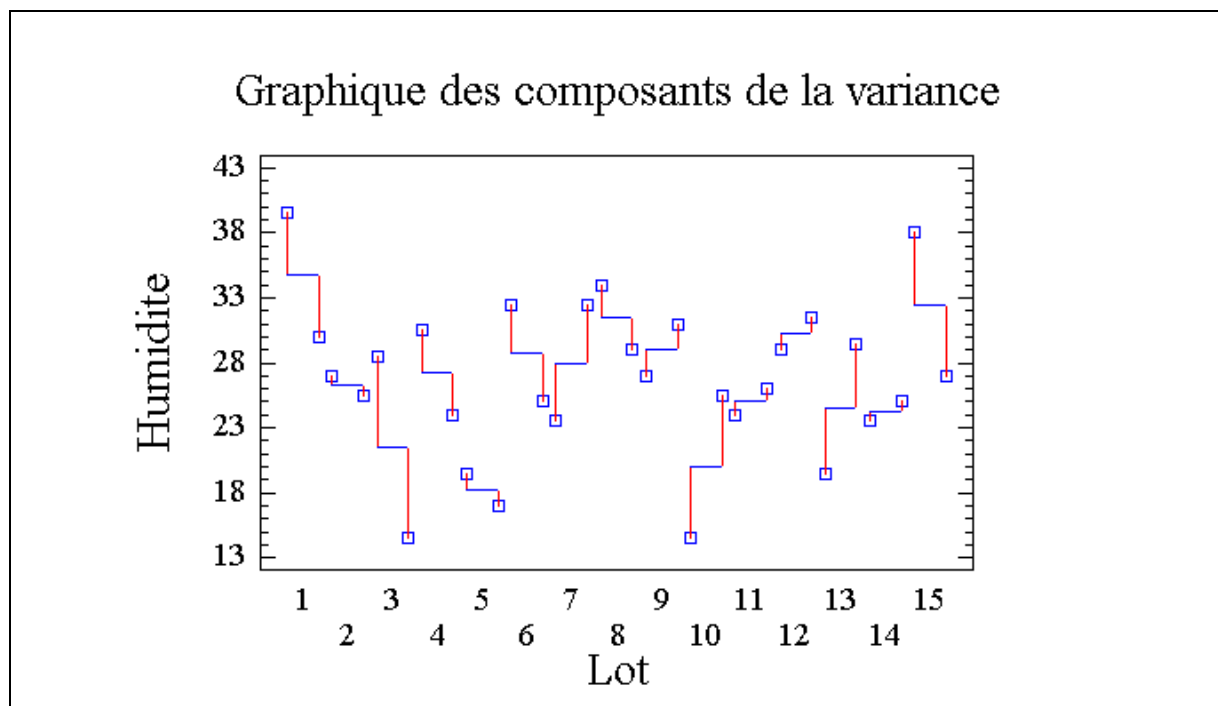


# Analyse de la variance à facteurs imbriqués

Un aspect important de la compréhension des variations de la qualité d'un produit est la détermination de la variabilité à différents niveaux du procédé. Une analyse de la variance à facteurs imbriqués peut aider à découvrir les sources significatives de la variabilité.

Analyse de variance à facteurs imbriqués					
Variable à expliquer: Humidite					
Facteurs:					
Lot					
Echantillon					
Nombre d'observations complètes: 60					
Analyse de la variance pour Humidite					
Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	Comp. Var.	Pct.
-----					
TOTAL (CORRIGE)	2108,18	59			
-----					
Lot	1210,93	14	86,4952	7,12798	19,49
Echantillon	869,75	15	57,9833	28,5333	78,01
ERREUR	27,5	30	0,916667	0,916667	2,51
-----					
Le StatAdvisor					
-----					

Les affichages graphiques sont également importants pour illustrer la variance des composants.

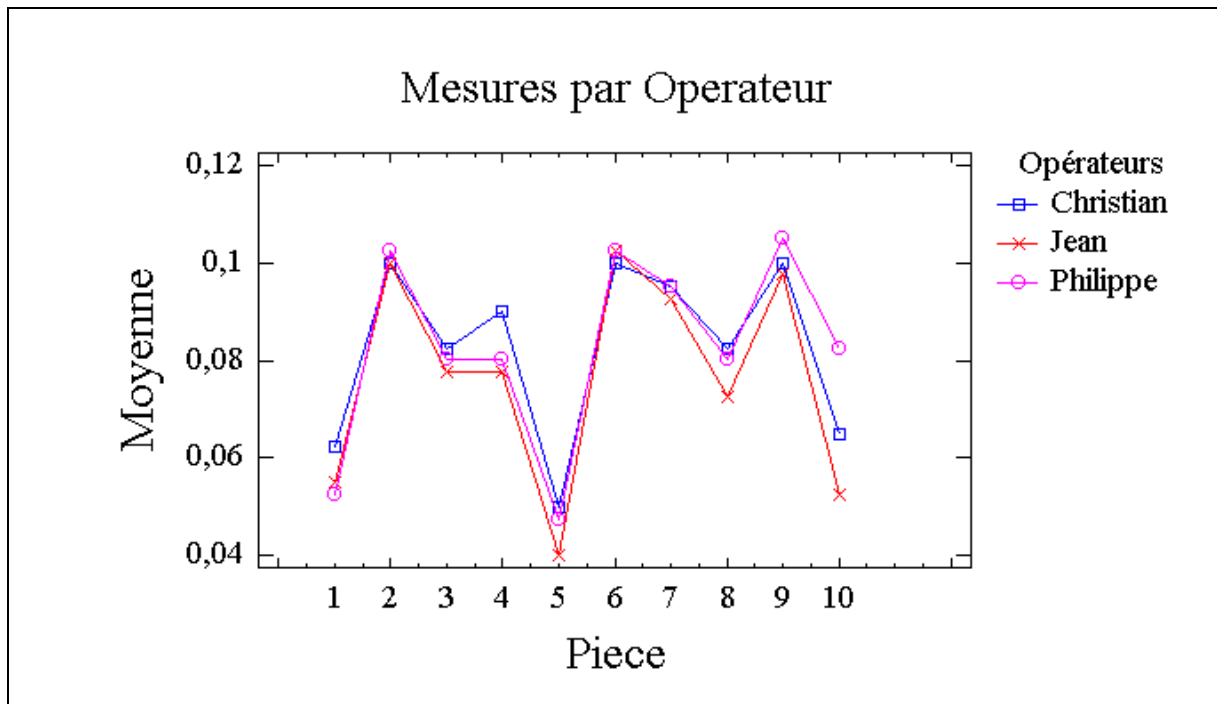


# Analyse R&R

Avant de commencer à appliquer des méthodes statistiques pour améliorer la qualité de la production, il est vital de s'assurer que les caractéristiques de la qualité peuvent être mesurées de façon suffisamment précise pour estimer l'impact des modifications faites sur le procédé.

Une analyse R&R permet de quantifier les erreurs des mesures en estimant la répétabilité et la reproductibilité du procédé de mesure.

Dans une étude type, plusieurs opérateurs mesurent chacun un nombre donné de pièces un certain nombre de fois.



Beaucoup d'informations sur les différences entre opérateurs et sur le procédé global de mesure peuvent être obtenues par une telle étude.

L'analyse permet de quantifier l'ampleur des erreurs sur les mesures et de les comparer à la tolérance.

Le rapport précision / tolérance compare l'erreur sur les mesures à la largeur des spécifications. Une valeur R&R en dessous de 10% est très bonne et indique que le procédé est capable de distinguer les bonnes pièces des mauvaises pièces.

**Rapport pour les mesures**

**3 opérateurs 10 pièces 2 essais**

**Analyse des mesures et étude des variations**

	5,15	Pct variation	Pct de
	écart-types	étude	contribution
Répétabilité	0,0173378	18,55	3,44
Reproductibilité	0,0157066	16,81	2,82
R & R	0,0233944	25,03	6,27
Pièces	0,0904805	96,82	93,73

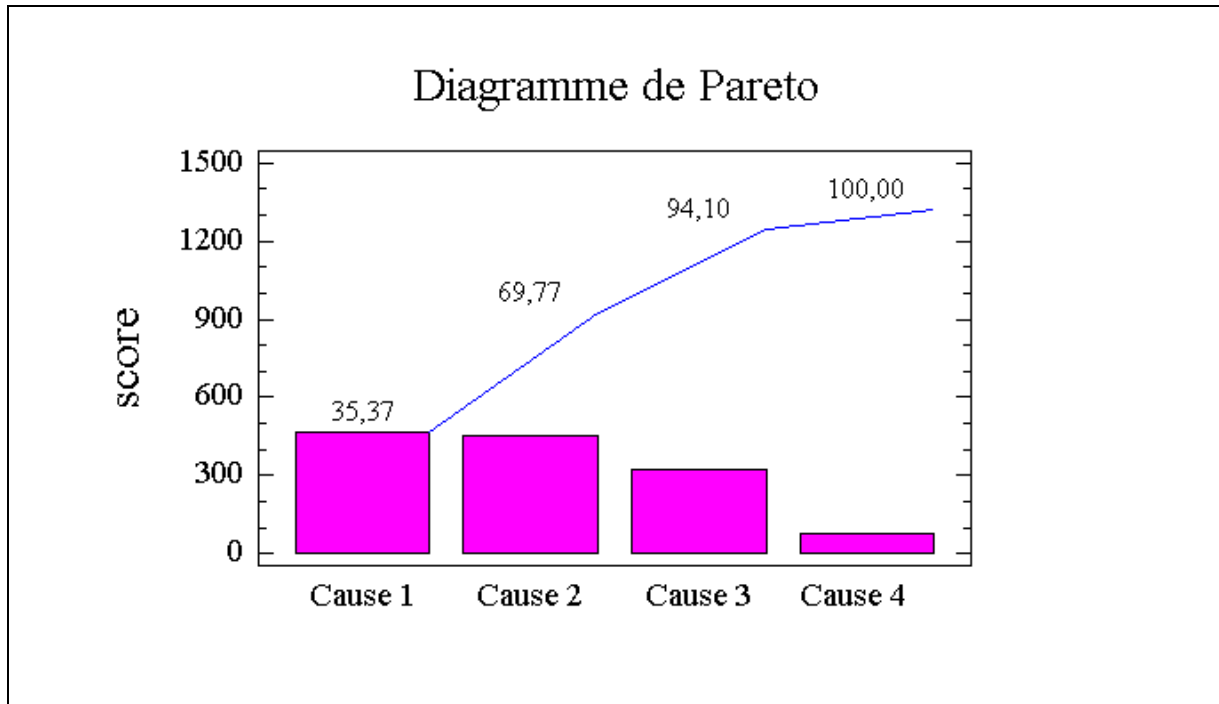
**Analyse de la tolérance**

	Pourcentage de tolérance
Répétabilité	3,46756
Reproductibilité	3,14133
R & R	4,67887
Pièces	18,0961

Tolérance = 0,5

# Analyse de Pareto

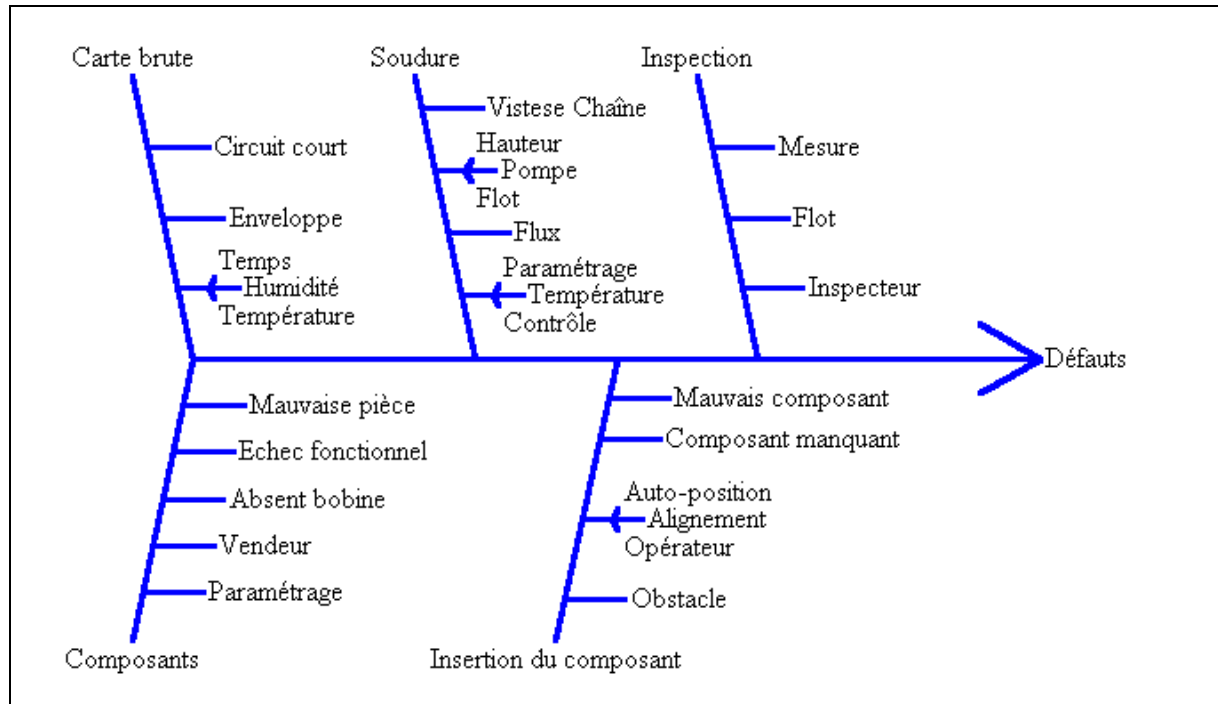
Lorsque vous étudiez des problèmes de qualité, il est utile de déterminer quels sont les types de défauts qui surviennent le plus fréquemment de façon à concentrer les efforts là où le potentiel d'amélioration est le plus grand. Une méthode classique pour déterminer les "quelques défauts majeurs" est le diagramme de Pareto:



Chaque type de défaut peut être pondéré, si cela est désiré, en fonction de son démerite ou de son coût de réparation.

# Diagramme Causes-Effet

Améliorer le niveau de la qualité d'un procédé requiert la compréhension des divers mécanismes qui peuvent conduire aux problèmes. Le diagramme causes-effet est utile pour afficher les résultats de sessions de réflexion:



En plus de ce but, STATGRAPHICS permet à l'utilisateur de définir les causes primaires, secondaires et tertiaires.

# Contrôle de réception

Lorsque des lots de grandes tailles sont inspectés dans le but d'accepter ou de rejeter ces lots, les plans d'échantillonnages permettent de préciser les nombres de pièces à examiner. STATGRAPHICS génère des plans d'échantillonnages pour des données qui sont soit des mesures soit des attributs.

Le plan AOQL (niveau moyen de qualité acceptable) indique le pourcentage maximal d'éléments défectueux que le plan d'échantillonnage permettra.

<b>Contrôle de réception aux mesures</b>
<b>Taille des lots: 1000</b>
<b>Propriétés désirées</b> -----
<b>Nb moyen de défectueux pour le procédé: 1,0%</b>
<b>Pct moyen de défectueux livrés (AOQL): 1,0%</b>
<b>Plan généré</b> -----
<b>Taille de l'échantillon (n) = 58</b>
<b>Distance critique (k) = 2,10782</b>
<b>Plan aux attributs</b> -----
<b>Niveau de qualité acceptable (AQL): 0,5%</b>
<b>Risque fabricant (alpha) = 0,0182438%</b>
<b>Pct toléré de lots défectueux (LTPD): 1,0%</b>
<b>Risque client (bêta) = 95,1977%</b>
<b>Pct moyen de défectueux livrés (AOQL) = 0,999951% à 1,31337% défectueux</b>
<b>Nb d'unités inspectées (ATI) =</b>

