

WESTERN ELECTRIC

**CONTRÔLE STATISTIQUE
DE LA QUALITÉ**

Chapitre 1

Principes fondamentaux

Le mot « contrôle » signifie qu'une opération se comporte comme nous le voulons. On dit alors qu'elle est « sous contrôle ». On dit aussi dans certains cas qu'elle est « maîtrisée ».

Le mot « statistique » signifie que nous avons affaire à des nombres, et plus particulièrement que nous traitons des nombres pour en tirer des conclusions.

Le mot « qualité » concerne toutes les caractéristiques (dimensions, poids etc.) d'un objet qui est mis à l'étude.

Quand ces trois mots sont mis ensemble, le « contrôle statistique de la qualité » signifie que nous étudions les caractéristiques d'un processus de production pour qu'il se comporte comme nous le voulons.

Le mot « processus » peut avoir plusieurs significations. De façon générale, un processus est un ensemble de causes qui agissent pour aboutir à un résultat donné. On pense naturellement à un site industriel dans lequel des processus aboutissent, par exemple, à la production d'automobiles ou d'appareils électroménagers.

Les processus qui sont observés dans le contrôle statistique de la qualité peuvent concerner une machine, une méthode de fabrication, un ouvrier, le personnel d'un atelier, etc.

Dans un programme de contrôle statistique de la qualité, trois techniques sont essentielles :

1. Les études de capabilité des processus
2. Les graphiques de contrôle des processus
3. L'inspection par échantillonnage

Le principal concept présenté ici est celui du graphique de contrôle. C'est une série de points reliés par des traits représentant chacun une mesure. La particularité d'un graphique de contrôle est son aptitude à mettre des données sous forme de « profils » qui, lorsqu'ils sont traités statistiquement, peuvent conduire à une information sur un processus.

Introduction aux graphiques de contrôle

Si nous rassemblons des données pour résoudre un problème, comprendre une série d'évènements ou comprendre une situation dans une fabrication, nous voyons toujours des variations. Les nombres ne sont pas exactement les mêmes d'un instant à l'autre. Si nous les portons sous forme de points sur une feuille de papier, nous voyons toujours un profil en zigzag, un profil fluctuant. Les figures 1 à 4 montrent des exemples de profils fluctuants.

Dans le premier cas, celui de la figure 1, une ouvrière posait des têtes de bobines sur des noyaux magnétiques. Le contremaître a fait l'enregistrement du pourcentage journalier d'assemblages mal fixés par cette ouvrière. Il a trouvé qu'il variait ; ce n'était pas tous les jours le même pourcentage.

La figure 2 est un enregistrement obtenu sur une opération de soudage automatique. C'est une opération d'un type différent de celui de la figure 1. Elle implique différents matériaux, différentes machines, différentes ouvrières, différents problèmes. Quand le contremaître a enregistré le pourcentage journalier de soudures mal centrées, il a trouvé qu'il variait de la même manière que sur la figure 1. Ce n'était pas le même pourcentage tous les jours.

On a trouvé la même chose en portant sur un graphique les dimensions de pièces sortant successivement d'une machine de vissage (figure 3), ainsi que les caractéristiques électriques d'une série d'unités assemblées (figure 4). Quand des nombres provenant d'un processus sont mis à la suite les uns des autres, ils forment un profil fluctuant. Même des mesures répétées sur le même objet, heure après heure, jour après jour, ne seront pas identiques.

De telles variations se trouvent sur les chiffres comptables, les chiffres de production, les chiffres d'absentéisme, les rapports médicaux ou sur tout autre série de nombres provenant d'un processus industriel. On ne connaît pas d'entreprises où de telles variations n'existent pas.

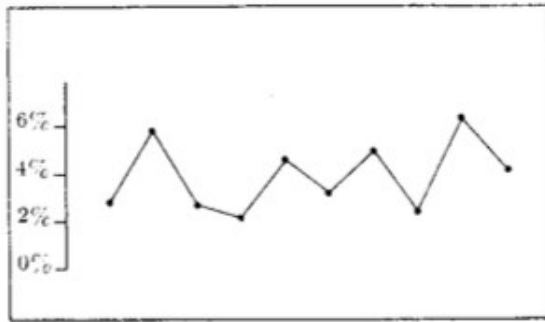


Figure 1. Pourcentage journalier de bobines mal assemblées.

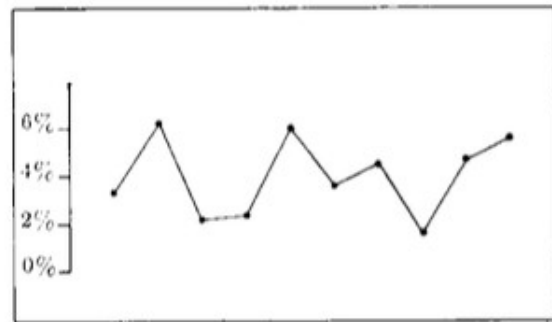


Figure 2. Pourcentage journalier de soudures mal centrées.

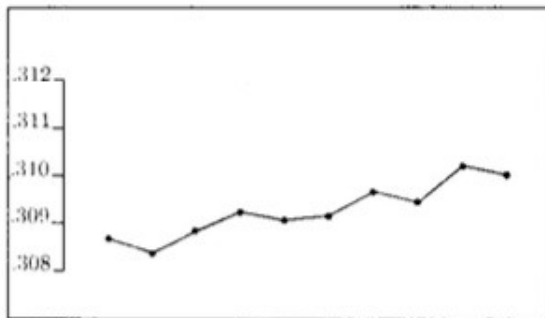


Figure 3. Pièces sortant successivement d'une machine à visser (diamètre).

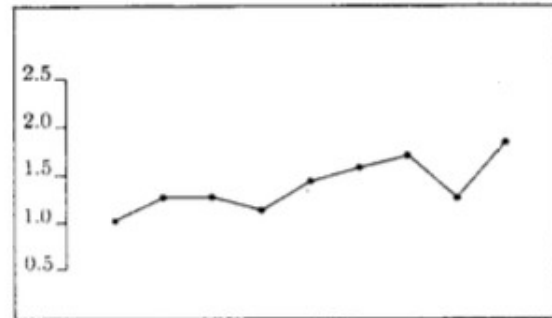


Figure 4. Mesures électriques sur une série d'unités assemblées (niveau de bruit).

Quelles sont les causes des fluctuations sur un profil ?

Les fluctuations dans les données sont provoquées par un grand nombre de différences : différences de matériaux, d'équipements, de conditions climatiques ou de réactions physiques et mentales des gens. La plupart de ces différences sont extrêmement faibles. Elles provoquent des fluctuations du profil qualifiées de « normales ». Toutefois, une grande différence, plus importante que toutes les autres réunies, peut survenir. Par exemple une matière première a été prise dans un lot différent ; le réglage de la machine a changé le réglage, etc. Ce sont des causes qui font fluctuer le profil de manière « anormale ».

L'expérience montre qu'il existe des différences visibles entre les profils normaux et anormaux. Il est possible de les mettre en évidence et de les étudier au moyen de calculs basés sur des lois statistiques.

Quand on sait qu'un profil est anormal, il est possible d'aller plus loin et de trouver la cause de cette anomalie. Ainsi, il est possible de détecter, d'identifier et d'étudier le comportement des causes.

Les fluctuations ne sont pas les seules représentations des phénomènes statistiques observables. On sait depuis longtemps que si l'on prend un grand nombre d'observations sur une grandeur physique dans la nature ou un grand nombre de mesures sur un produit industriel, elles ont tendance à se grouper autour d'une valeur centrale avec une certaine dispersion d'un côté et de l'autre. La figure formée est une « distribution de fréquences ». On peut observer que si les causes de la dispersion ne changent pas, la figure prend une forme caractéristique, une forme d'autant plus précise que le nombre d'observations ou le nombre de mesures est grand. La distribution se rapproche de ce qu'on nomme une « distribution normale », représentée par une courbe en cloche. Parmi les lois de la nature, c'est l'une des plus fondamentales. On la rencontre par exemple quand on fait des statistiques sur la hauteur des arbres, le poids des animaux, leur durée de vie, etc. Une telle distribution se trouve sur la figure 16.

L'expérience nous apprend que ces deux représentations : les fluctuations et les distributions, dépendent l'une de l'autre. Par conséquent on peut utiliser des limites statistiques calculées à partir des distributions de fréquences pour prévoir le comportement d'un profil normal sur un graphique.

Lorsque des résultats de mesure proviennent d'un « système de causes » invariable, on observe qu'ils ne sont pas égaux. Ils évoluent au cours du temps de façon « aléatoire ». Néanmoins, si le processus dont ils proviennent n'est pas perturbé, ils restent entre des limites précises. Par ailleurs, quand les mesures sont assez nombreuses, ils ont tendance à former une distribution prévisible.

Graphiques de contrôle

En utilisant certaines équations établies à partir de lois statistiques, il est possible de calculer des limites pour un profil donné. Si un profil est anormal, ses fluctuations seront en désaccord avec les limites.

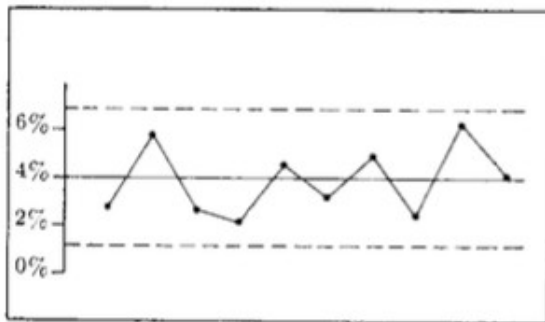


Figure 5. Graphique de contrôle des bobines.

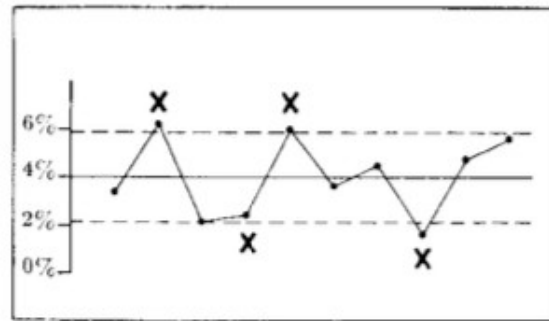


Figure 6. Graphique de contrôle des soudures.

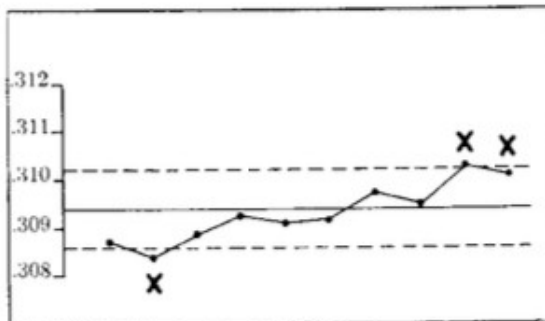


Figure 7. Graphique de contrôle du vissage.

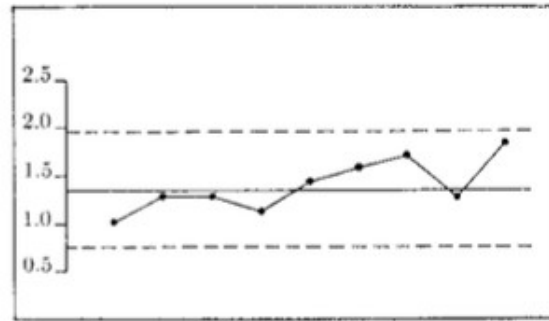


Figure 8. Graphique de contrôle des unités assemblées.

Lorsque, sur un graphique, on ajoute des limites statistiques à un profil fluctuant, le résultat se nomme « graphique de contrôle ». C'est l'un des moyens les plus sensibles que l'on connaisse pour analyser des données et obtenir des informations. (Figures 5 à 8, les limites de contrôle sont les droites en pointillé)

Les limites de contrôle servent à déterminer si un profil est normal ou anormal. On utilise la procédure suivante :

1. Vérifier si le profil est en conflit avec les limites de contrôle. C'est le cas (1) quand il dépasse des limites de contrôle, et (2) quand il comporte des amas de points à l'intérieur des limites de contrôle.
2. Marquer d'un **X** chaque point ou amas anormal.
3. Si le profil n'est pas en conflit avec les limites de contrôle, on le considère comme « normal » et l'on dit que le processus est « sous contrôle ».
4. Si le profil est en conflit avec les limites de contrôle, on le considère comme « anormal » et l'on dit que le processus est « hors contrôle ».

Quand le profil est anormal, cela signifie que le processus est affecté par des perturbations extérieures. Les personnes qui connaissent le processus doivent chercher quelles sont ces perturbations extérieures.

On notera que les processus des figures 5 et 8 sont sous contrôle et que les processus des figures 6 et 7 sont hors contrôle. En l'absence de limites de contrôle, les figures 5 et 6 seraient très semblables, mais tout change avec les limites de contrôle. D'où ce principe fondamental du contrôle statistique de la qualité : Pour interpréter les données correctement et en tirer les conséquences, il faut : (a) un profil et (b) des limites de contrôle.

La confiance accordée aux graphiques de contrôle est fondée sur l'expérience

Personne n'est obligé d'accepter en toute confiance l'information donnée par un graphique de contrôle, annonçant que la situation est normale ou anormale sur un poste de travail. Mais il est toujours possible de faire une étude pour voir si le graphique a donné une bonne information. Par exemple, quand les responsables de l'opération de soudage (figure 6) ont vérifié soigneusement tous les éléments du processus, ils ont été surpris de trouver que la régulation de la tension électrique marchait mal et qu'un technicien de maintenance ne fixait pas les électrodes

correctement. Quand ces deux problèmes ont été réglés, le processus est passé sous contrôle. Le graphique avait révélé la présence de « causes » dont les gens n'avaient pas conscience.

Ceci est arrivé des centaines de fois dans des ateliers et des laboratoires de Western Electric. Jour après jour, graphique après graphique, l'expérience a prouvé que la méthode était très utile. En outre, le management de Western Electric a observé le fait suivant : quand, dans une usine, un grand nombre de personnes travaillent avec des graphiques de contrôle en s'aidant du manuel de formation, l'usine obtient au bout d'un certain temps des résultats remarquables :

- Les coûts diminuent.
- La qualité et les rendements s'améliorent.
- Les rebuts et les réparations diminuent.
- Les problèmes relatifs aux spécifications et aux demandes des clients sont facilement résolus.

Chapitre 2

Les différentes sortes de graphiques de contrôle

Les graphiques de contrôle des figures 5 à 8 étaient basés sur des pourcentages ou sur des mesures individuelles. Toutefois, des limites de contrôle peuvent être appliquées facilement à tout autre forme de données. Certaines sortes de données sont plus sensibles que d'autres pour détecter les causes qui perturbent le processus. Voici les sortes de graphiques les plus courants, classés par ordre de sensibilité décroissante :

1. Étendue
2. Moyenne
3. Pourcentage
4. Mesures individuelles

Les graphiques de l'étendue et de la moyenne, qui sont les plus sensibles, sont mis ensemble pour former le « graphique \bar{X} et R ». Ce graphique double est le plus sensible de tous les graphiques pour diagnostiquer des problèmes en production. Puis viennent le « graphique p » pour les pourcentages, et le « graphique mR » pour les mesures individuelles.

1. Graphique \bar{X} et R

On le nomme aussi « graphique moyenne et étendue ». \bar{X} est la moyenne d'un petit échantillon et se prononce « X-barre ». R est l'étendue du même échantillon. Sur le graphique, les points vont par paires, un point pour la moyenne et un point pour l'étendue.

Il faut lire le graphique R en premier, car il permet d'identifier directement certaines causes. On lit ensuite le graphique \bar{X} qui permet d'identifier d'autres causes. Les causes qui affectent les deux graphiques sont généralement différentes.

Pour tracer ce graphique, il est nécessaire que les mesures soient des variables continues, par exemple des longueurs, des diamètres, des résistances, etc. On prendra des échantillons de 5 mesures.

Définitions et symboles

Les symboles utilisés pour ce graphique sont les suivants :

X = valeur individuelle

\bar{X} = moyenne d'un échantillon

R = étendue d'un échantillon (différence entre les valeurs extrêmes)

Instructions pour faire un graphique \bar{X} et R

Il faut toujours tracer le graphique R avant le graphique \bar{X}

Graphique R

1. Obtenir une série d'échantillons contenant chacun 5 mesures. Il en faut au moins 20.
2. Calculer R pour chaque échantillon et faire la moyenne ; elle servira à tracer la ligne centrale.
3. Multiplier la moyenne des R par 2,11 ; elle servira à tracer la limite supérieure de contrôle.
4. La valeur de la limite inférieure de contrôle est zéro.
5. Tracer les points qui correspondent aux valeurs successives de R et les relier par des traits continus.
6. Marquer les **X** d'après les règles qui définissent un profil anormal.

Graphique \bar{X}

1. Utiliser les mêmes groupes de mesures que ceux qui ont été utilisés pour le graphique R .
2. Calculer la moyenne des \bar{X} . Elle servira à tracer la ligne centrale.
3. Multiplier la moyenne des R par 0,58. C'est la distance des limites de contrôle à la ligne centrale.

4. Tracer les points qui correspondent aux valeurs successives de \bar{X} , chaque point étant à la verticale du point correspondant du graphique R , et les relier par des traits continus.
5. Marquer les **X** d'après les règles qui définissent un profil anormal.

Exemple d'utilisation d'un graphique \bar{X} et R

Un atelier avait un problème pour obtenir une largeur spécifiée sur une pièce. L'ingénieur a décidé de prendre un échantillon et de s'en servir pour tracer une distribution de fréquences. Elle lui a permis de voir des pièces hors tolérances des deux côtés. Aucune solution n'étant en vue, l'ingénieur a fait une autre tentative. Les pièces étaient produites par deux machines supposées fonctionner de la même façon. Il a décidé de prendre un échantillon sur chaque machine. Les deux distributions de fréquences étaient semblables à la précédente. C'est alors qu'il a décidé de construire un graphique \bar{X} et R pour chacune des deux machines. Ces graphiques ont montré immédiatement qu'il y avait une différence entre les deux machines.

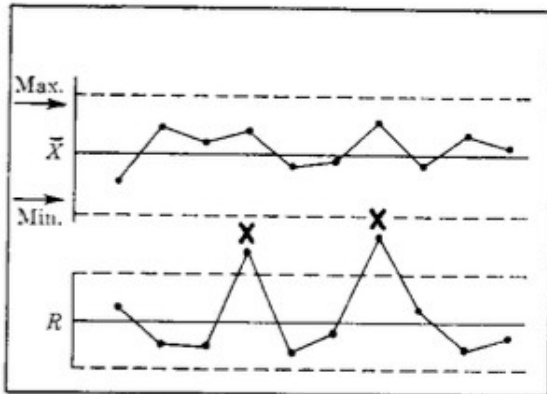


Figure 9. Graphique Xb et R pour la machine N° 1

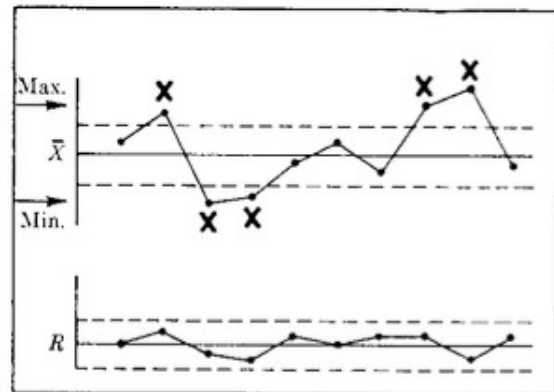


Figure 10. Graphique Xb et R pour la machine N° 2

La machine N° 1 avait un profil large sur son graphique R (figure 9) et le profil était hors contrôle. Cela voulait dire que la machine ne marchait pas régulièrement. Il fallait la réparer.

Quand le service de maintenance a vérifié la machine N° 1, on a trouvé un palier usé. Quand on l'a remplacé, le graphique R est devenu beaucoup plus étroit et les produits sont restés dans les tolérances spécifiées.

La cause du problème sur la machine N° 2 était entièrement différente. Elle avait été bien réparée, comme le montre son graphique R (figure 10) mais le centre de la distribution se déplaçait en permanence, ce qui explique que le profil \bar{X} était hors contrôle. Les réglages étaient sans doute mauvais ou bien ils changeaient trop souvent. Quand le régleur a reçu pour instruction de ne plus régler la machine sur la base d'une ou deux mesures et d'utiliser un graphique de contrôle, le problème a disparu.

Remarque sur le graphique \bar{X} et R

Les lignes en pointillé sont les limites de contrôle. Les flèches marquées Max. et Min. sont les limites spécifiées sur les plans de fabrication. Il ne faut pas confondre ces deux limites. Les limites de contrôle sont les limites naturelles du processus, ce sont les limites qui sont déterminées par un calcul fait à partir du processus lui-même. L'un des buts du graphique de contrôle est de comparer les limites naturelles avec les limites spécifiées.

2. Graphique p et autres graphiques aux attributs

On le nomme aussi « graphique des pourcentages ». Il s'agit souvent d'un pourcentage de pièces défectueuses. Ce graphique est moins sensible que le précédent, car il n'a qu'un profil. Il concerne davantage que le précédent la connaissance du métier. Par conséquent il est utilisé surtout dans les situations où les causes importantes de variation sont déjà connues.

Le graphique p ne fait pas appel à des mesures physiques comme des épaisseurs ou des résistances électriques. Il suffit de compter des pièces hors tolérances ou abîmées et de traduire ce nombre en pourcentage.

Le graphique p est utilisé quand il est difficile ou trop coûteux de faire des mesures physiques, ou quand on veut combiner plusieurs types de défauts dans un pourcentage global. Toutefois, si plusieurs caractéristiques sont combinées sur un seul graphique de contrôle, le graphique p devient plus difficile à interpréter.

Définitions et symboles

Les symboles utilisés pour ce graphique sont les suivants :

n = nombre d'unités dans un échantillon

p = proportion d'unités défectueuses dans un échantillon

\bar{p} = proportion moyenne d'unités défectueuses dans une série d'échantillons

Instructions pour faire un graphique p

1. Obtenir une série d'échantillons de taille suffisante, entre 50 et 100 pièces. Il faut avoir au moins 20 groupes, mais pas moins de 10.
2. Compter le nombre d'unités défectueuses. Calculer la valeur de p pour chaque échantillon.
3. Calculer \bar{p} . Il servira à tracer la ligne centrale du graphique p .
4. Calculer les limites de contrôle du graphique p en utilisant les formules ci-dessous.
5. Mettre les points correspondants aux valeurs successives de p et les relier par des traits continus.
6. Marquer les **X** d'après les règles qui définissent un profil anormal.

Les formules pour calculer les limites de contrôle sont les suivantes :

$$\text{Limite supérieure} = \bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})} / n$$

$$\text{Limite inférieure} = \bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})} / n$$

Si les échantillons utilisés pour un graphique p n'ont pas tous la même taille, on peut utiliser dans ce calcul la taille moyenne des échantillons.

Exemple d'utilisation d'un graphique p

Dans la fabrication d'un relais, 24 contacts en palladium sont soudés à l'extrémité de 24 ressorts. L'une des caractéristiques demandées est le bon emplacement des contacts sur les ressorts. La tolérance spécifiée pour le décentrement des contacts donne un maximum de 0,25 mm. La machine de soudage automatique qui fait cette opération a deux têtes de soudage : la première pour les contacts de nombre impair et la seconde pour les contacts de nombre pair.

Dans le processus de test de la machine, on a fait un graphique p pour chaque tête. Au bout de quatre jours, les graphiques indiquaient 10 % de soudures défectueuses pour la première tête et 22 % pour la seconde tête, dont le profil était hors contrôle.

Une étude a été faite sur les mécanismes d'alimentation et de guidage des deux têtes. Les modifications apportées ont réduit le pourcentage de défectueux des deux têtes à 3 % et ont mis leurs profils sous contrôle.

Le processus a été poursuivi à ce niveau, et les graphiques p ont continué à être utilisés sur une base d'inspection unitaire. On a observé de temps en temps des points hors contrôle dont on a trouvé la cause. De nouvelles modifications ont stabilisé le processus à une moyenne de 0,5 % de défectueux. Le département d'assemblage a jugé que c'était un niveau acceptable.

On a continué à utiliser les graphiques p avec un échantillonnage réduit. La figure 12 fait apparaître la réduction du pourcentage de défectueux apporté par l'utilisation efficace de graphiques p .

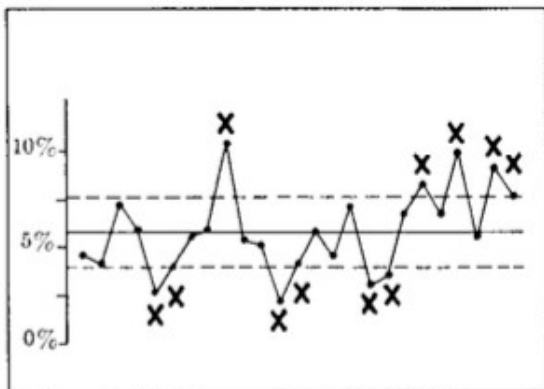


Figure 11. Exemple de graphique p

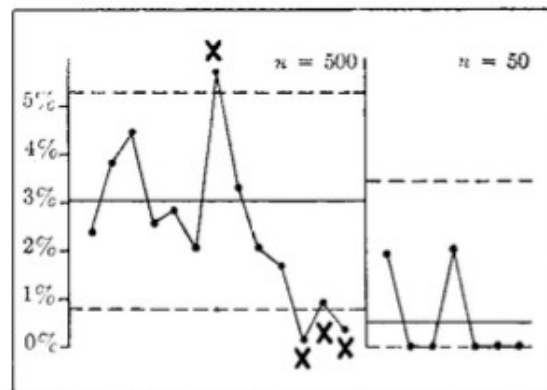


Figure 12. Amélioration résultant d'un graphique p

Remarques sur le graphique *p*

1. Il peut arriver que le calcul donne une limite inférieure de contrôle négative ; dans ce cas il faut mettre zéro comme limite inférieure.
2. Sur l'échelle verticale d'un graphique *p*, on peut mettre des valeurs décimales ou des pourcentages. Dans un atelier, il est souvent préférable de mettre des pourcentages.
3. Quand on calcule les limites de contrôle, il faut toujours utiliser les valeurs décimales de *p*. Les limites sont converties en pourcentage une fois que le calcul a été fait.

3. Graphique aux mesures individuelles

Ce graphique est utilisé pour des nombres avec lesquels on peut difficilement former des échantillons. Le calcul des limites de contrôle est basé sur les « étendues mobiles » qui sont les valeurs absolues des différences entre les nombres pris successivement deux à deux. C'est un graphique moins sensible que le précédent, mais il présente les mêmes profils et on l'interprète de la même manière.

Ce graphique est utilisé pour de nombreuses sortes de données, principalement :

- a. Les données comptables, comme les quantités expédiées, les rendements, les taux d'absentéisme, les pertes de marchandises, les taux d'inspection, les coûts de maintenance, les taux d'accidents, les jours de maladie, etc.
- b. Les données de production, comme la température, la pression, la tension électrique, le taux d'humidité, la conductivité, les résultats d'analyse chimique, etc.

Le seul nouveau symbole est *mR*, abréviation de « moving range » (étendue mobile). C'est la valeur absolue de la différence entre les paires successives de résultats dans une série de résultats. Donc on fait la différence entre le premier et le second, puis entre le second et le troisième, puis entre le troisième et le quatrième, etc. Donc chaque nombre intervient dans deux étendues mobiles, en sorte que le nombre d'étendues mobiles est égal au nombre de résultats moins un.

Instructions pour faire un graphique aux mesures individuelles

Les limites sont calculées à partir des étendues mobiles. Pour faire ce graphique, il faut procéder ainsi :

1. Saisir d'abord une série de nombres individuels. Il en faut au moins 20, mais pas moins de 10.
2. Calculer la différence entre le premier nombre et le second, entre le second et le troisième et ainsi de suite jusqu'au dernier. Ce sont les étendues mobiles *mR*. Mettre partout un signe plus.
3. Calculer la moyenne \bar{X} des nombres de la série. Elle servira à tracer la ligne centrale du graphique.
4. Calculer la moyenne \overline{mR} des étendues mobiles calculées à la deuxième étape. Ne pas oublier que leur nombre est *n* - 1.
5. Multiplier \overline{mR} par 2,66. C'est la distance des limites de contrôle à la ligne centrale.
6. Mettre les points correspondant aux mesures individuelles et les relier par des traits continus.
7. Marquer les **X** d'après les règles qui définissent un profil anormal.

Les figures 13 et 14 sont deux exemples de graphiques aux mesures individuelles.



Figure 13. Graphique pour des taux d'inspection

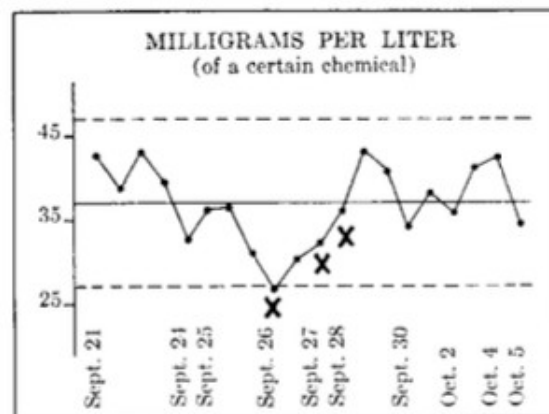


Figure 14. Graphique pour des analyses chimiques

Caractéristiques d'un profil normal

La première caractéristique d'un profil normal est que ses points fluctuent suivant les lois du hasard. Par conséquent il n'y a pas d'ordre reconnaissable. De plus, étant donné que les valeurs d'une distribution ont tendance à se grouper près du centre, il est naturel que la plupart des points du graphique de contrôle soient proches de la ligne centrale et s'équilibrent de part et d'autre. Enfin beaucoup de distributions s'étendant jusqu'à trois sigma, il est naturel qu'un point du graphique s'approche parfois d'une limite à trois sigma.

Un profil naturel doit posséder caractéristiques : (1) pas d'ordre reconnaissable ; (2) proximité de la ligne centrale d'un grand nombre de points ; (3) proximité d'une limite de contrôle de quelques points isolés. Si l'une d'elles est manquante, le profil est jugé anormal

Caractéristiques d'un profil anormal

Les profils anormaux ont tendance à faire apparaître soit de grandes fluctuations, soit un déséquilibre de points de part et d'autre de la ligne centrale. On peut assez souvent les reconnaître d'un simple coup d'œil. Cependant, quand des tests formels sont disponibles, l'interprétation des profils est basée sur le calcul des probabilités ; elle repose donc sur une base scientifique. Les tests ci-dessous peuvent être appliqués à tous les types de graphiques de contrôle et chacun sera capable de les interpréter de la même façon.

Tests d'instabilité

Les tests d'instabilité sont importants, mais ils demandent d'avoir déjà une certaine expérience. Leur but est de déterminer si le système de causes a changé. Si nous considérons mentalement la surface comprise entre la ligne centrale et l'une des limites de contrôle, nous pouvons la diviser en trois parties égales, chacune ayant pour hauteur un sigma. Ceci définit : la zone A « zone à trois sigma », la zone B « zone à deux sigma » et la zone C « zone à un sigma ». Le profil est jugé anormal dans chacun des cas suivants :

1. Un point isolé tombe en dehors de la zone A.
2. Deux points parmi trois points successifs tombent dans la zone A ou au delà.
3. Quatre points parmi cinq points successifs tombent dans la zone B ou au delà.
4. Huit points successifs sont du même côté de la ligne centrale.

Règles pour marquer un graphique de contrôle

- Un point isolé tombe à l'extérieur de la zone à trois sigma. Il faut le marquer d'un **X** (parce qu'il a réagi au test).
- Deux points parmi trois points successifs tombent en dehors de la zone à deux sigma. Il faut marquer d'un **X** le second (parce que c'est lui qui a réagi au test).
- Quatre points parmi cinq points successifs tombent en dehors de la zone à un sigma. Il faut marquer d'un **X** le dernier (parce que c'est lui qui a réagi au test).
- Huit points successifs tombent dans la zone à un sigma. Il faut marquer d'un **X** les huit points.

Profils spéciaux

Les profils ci-dessous s'ajoutent aux profils d'instabilité. L'aptitude à les reconnaître augmente considérablement l'efficacité du graphique de contrôle, car elle étend le champ des interprétations. Ils sont différents des profils d'instabilité.

(1) Stratification

Si les variations du profil sont très faibles en comparaison de l'intervalle entre les limites de contrôle, le graphique indique une stratification des échantillons. Cela signifie que deux distributions sont représentées simultanément.

(2) Mélange

Si le profil fait apparaître une tendance à éviter la ligne centrale, avec beaucoup de points près des limites de contrôle, c'est l'indication d'un mélange. On peut considérer qu'il y a mélange quand huit points se succèdent de part et d'autre de la ligne centrale sans se rapprocher de la ligne centrale.

(3) Variable systématique

La présence d'une variable systématique dans le processus est indiquée par une longue série régulière de points, alternativement placés au-dessus et au-dessous de la ligne centrale.

(4) Tendence

Une tendance est généralement indiquée sur un graphique par une longue série de points qui ne changent pas de direction.

Interprétation des graphiques de contrôle

Signification du graphique R. Ne pas oublier que ce graphique traduit l'uniformité et la cohérence. Si le graphique R est étroit, c'est que le produit est uniforme. S'il est large, c'est qu'il ne l'est pas. Si le graphique R est hors contrôle, le processus contient quelque chose qui ne fonctionne pas régulièrement. L'uniformité du produit est améliorée par une bonne maintenance des machines et une bonne formation des opérateurs.

Signification du graphique \bar{X} . Ne pas oublier que ce graphique traduit le fait que le processus est centré. Si le graphique \bar{X} est normal, le centre du processus ne dérive pas. Si le graphique \bar{X} fait apparaître une tendance, c'est que le centre du processus dérive graduellement. Si le graphique \bar{X} est hors contrôle, c'est que le centre du processus change rapidement et de façon irrégulière.

Les processus sont habituellement centrés par le réglage des machines, les caractéristiques des matériaux utilisés et les techniques pratiquées par les opérateurs.

Signification du graphique p . Ne pas oublier que ce graphique traduit une proportion. Quand le profil change sur un graphique p , cela veut dire que la proportion a changé. Un changement de niveau peut signifier que (a) le pourcentage de produits défectueux a augmenté ou diminué, ou que (b) la définition d'un « produit défectueux » n'est plus la même.

Si le graphique p est irrégulier, il faut chercher les causes qui vont et viennent par intermittences. Les causes les plus habituelles sont une mauvaise formation des opérateurs et un mauvais contrôle des pièces détachées.

Signification du graphique aux mesures individuelles. Sur un graphique aux mesures individuelles, il faut d'abord chercher des tendances. Ensuite, il faut regarder si les fluctuations deviennent plus étroites ou plus larges. Les fluctuations montrent l'uniformité et la cohérence du processus de la même façon que sur un graphique R .

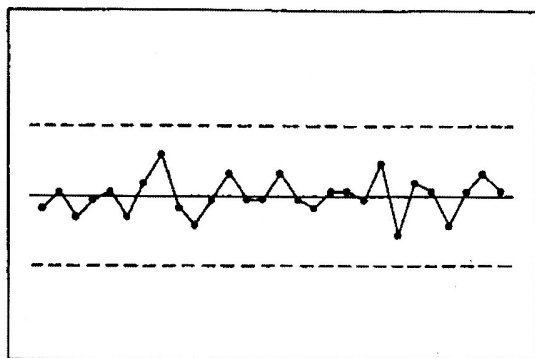


Figure 15. Profil typique d'un graphique de contrôle

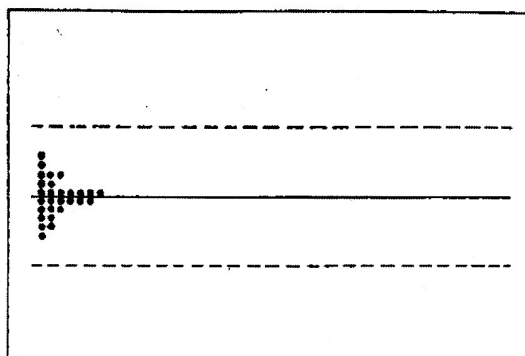


Figure 16. Distribution des points du graphique

Chapitre 3

Profils des graphiques de contrôle

Ce chapitre rassemble une grande partie des informations dont un technicien a besoin pour interpréter les profils des graphiques de contrôle dans les études de capabilité de processus. Nous supposons qu'il connaît déjà la théorie élémentaire des graphiques de contrôle qui a été exposée au chapitre 2. Nous supposons aussi qu'il a l'habitude d'analyser les graphiques de contrôle d'atelier et de faire des études de capabilité de processus. Ce chapitre ne fait pas double emploi avec la théorie élémentaire ; son but est de donner de nouveaux matériaux de référence à ceux qui voudraient avoir une compréhension plus profonde des graphiques de contrôle.

Théorie des graphiques de contrôle

Dans une étude de capabilité de processus, on considère habituellement que la variable la plus importante est le temps. Par conséquent, les points sont marqués dans un ordre chronologique, c'est-à-dire dans l'ordre de la production ou dans l'ordre des essais.

Causes attribuables

Les causes qui perturbent le processus sont nommées « causes attribuables » parce qu'elles peuvent être attribuées à quelque chose de particulier. Elles sont toujours associées à un comportement anormal du processus. Les variations normales du processus sont aussi le résultat de certaines causes, mais elles sont considérées comme « non attribuables ». Leur amplitude est relativement faible, elles sont nombreuses et étroitement mêlées. Il faut noter que les causes attribuables ne sont pas toutes mauvaises et que toutes ne doivent pas être éliminées. Elles peuvent aussi être la source d'informations importantes.

Sous-groupes rationnels

L'une des principales sources de la puissance du graphique de contrôle de type \bar{X} et R se trouve dans la façon dont les échantillons sont constitués avant de collecter des données. Les échantillons sont constitués de façon à former chacun un « sous-groupe rationnel », aussi indépendant que possible des causes attribuables. En particulier, quand différents réglages d'une machine ont un effet sur les points d'un échantillon, tous les points de l'échantillon proviennent du même réglage ; on peut penser aussi que si plusieurs lots ont un effet sur les points de l'échantillon, tous les points de l'échantillon proviennent du même lot, etc. Une série d'échantillons fera donc apparaître les différences entre les réglages, les lots, etc.

Un sous-groupe rationnel représente un ensemble de conditions homogènes. Les conditions de fabrication ont tendance à changer de temps en temps à cause de variables dont on n'a pas conscience. Par conséquent, pour obtenir des sous-groupes qui ont le maximum de chances d'être rationnels, il faut essayer de mettre dans un échantillon des unités produites dans un intervalle de temps aussi court que possible.

Limites de contrôle

Les limites de contrôle sont des limites statistiques utilisées pour interpréter le profil d'un graphique de contrôle. Ce sont les limites de contrôle « à trois sigma ». Il est important de ne pas les confondre avec les limites données par une spécification.

Ligne centrale

La ligne centrale d'un graphique de contrôle est une ligne horizontale qui passe au centre d'un ensemble de points fluctuants. Son niveau est calculé avec les données du graphique de contrôle.

Interprétation du graphique \bar{X}

Le graphique \bar{X} indique la valeur sur laquelle le processus est centré. Il représente la moyenne de la distribution formée par le processus. Si le centre de la distribution dérive, le profil \bar{X} dérive avec lui. Si le centre de la distribution suit une tendance, le profil \bar{X} suit la même tendance. Les causes les plus courantes qui affectent un graphique \bar{X} sont les suivantes :

Causes \bar{X} directes

Les causes \bar{X} directes ont toutes un élément commun : quand elles entrent dans le processus, elles sont capables d'affecter tout le produit en même temps. Par exemple, quand la température change dans un bain d'électrolyse, le

changement affecte toutes les pièces qui sont plongées dans le bain. Ce type de cause est susceptible de faire dériver le centre d'une distribution sans modifier sa dispersion. Parmi les nombreux changements possibles dans une fabrication, on peut noter les changements de matière première, d'opérateur, d'inspecteur, de réglage d'une machine, etc.

Causes \bar{X} indirectes

Il existe plusieurs sortes de causes \bar{X} indirectes. Elles apparaissent à la fois sur le graphique R et sur le graphique \bar{X} , mais en réalité ce sont des causes R . Leur apparition sur le graphique \bar{X} est la conséquence du graphique R . Donc n'essayez pas d'interpréter le graphique \bar{X} tant que le graphique R est hors contrôle. Éliminez les causes R d'abord, et vous aurez une chance de voir disparaître les causes \bar{X} en même temps.

Interprétation du graphique R

Le graphique R mesure l'uniformité ; il réagit à un changement de variabilité. Plus les résultats d'un processus sont uniformes, plus faible sera la moyenne des R . Si toutes les unités dans le produit reçoivent le même traitement, le graphique R aura tendance à rester sous contrôle. Si le graphique R ne reste pas sous contrôle, ou si son niveau augmente, c'est que certaines unités reçoivent un traitement différent des autres. Cela peut signifier qu'un autre système de causes a été introduit dans le processus.

Il peut arriver que le niveau du graphique R augmente. Si le graphique R reste sous contrôle à ce niveau, c'est qu'un nouvel élément est entré dans le système de causes et qu'il fait partie du processus. C'est le plus souvent un élément indésirable. Par exemple, un composant de moins bonne qualité, une pression pour augmenter la production, des opérateurs moins compétents, une maintenance moins sérieuse, etc. sont des causes indésirables.

Si le niveau du graphique R diminue de sorte que le graphique reste sous contrôle à ce niveau, c'est qu'un élément du système a été éliminé. Par exemple, les opérateurs ont reçu une nouvelle formation, le programme de maintenance a été amélioré, etc.

Le graphique R est beaucoup plus sensible que les autres graphiques à un grand nombre de causes attribuables. Étant donné que ces causes affectent sérieusement l'interprétation des autres graphiques, on doit le considérer comme le graphique le plus important dans une étude de capacité de processus.

Interprétation conjointe des graphiques \bar{X} et R

Étant donné que les graphiques \bar{X} et R sont concernés par différentes phases de l'étude de la distribution des données, il est important de les interpréter conjointement. En effet, dans cette étude, on s'intéresse à la fois au centre et à l'étendue de la distribution. En considérant les deux graphiques ensemble, on peut obtenir de nouvelles informations qui ne peuvent pas être obtenues en les considérant séparément.

Le principe pour obtenir ces informations supplémentaires est le suivant :

Quand des échantillons sont pris au hasard dans une distribution normale, il n'y a pas de corrélation entre les valeurs de \bar{X} et de R . En d'autres termes, le fait que \bar{X} soit grand ou petit ne signifie pas que R soit grand ou petit, et vice-versa. Par conséquent, les profils \bar{X} et R sont indépendants l'un de l'autre.

En revanche, si les échantillons sont pris dans une distribution très dissymétrique, il y aura une corrélation entre les valeurs de \bar{X} et de R . Dans un cas, si la distribution présente une plus grande densité de points dans la partie haute, cette corrélation est positive. Dans l'autre cas, si la distribution présente une plus grande densité de points dans la partie basse, cette corrélation est négative.

Dans le premier cas, le graphique \bar{X} aura tendance à montrer le même profil que le graphique R , tandis que dans le second cas il aura tendance à montrer un « profil inversé ».

Interprétation des graphiques aux attributs

Les graphiques p sont utilisés pour montrer le niveau général d'un processus en termes de pourcentages de défauts, et pour comparer facilement les opérateurs ou les machines au moyen de graphiques individuels.

Un graphique p montre les proportions dans lesquelles une distribution est divisée. Il est souvent utilisé pour représenter un « pourcentage de défectueux », la distribution étant partagée entre défectueux et non défectueux. Dans ce cas, les unités du produit sont simplement comparées à une spécification pour être rangées en deux groupes.

Les graphiques p sont également utilisés pour représenter n'importe quelle proportion sans être associés à des questions de produits défectueux. Par exemple, dans un stock d'accumulateurs, on peut les utiliser pour montrer la proportion d'unités dont la tension électrique est comprise entre deux limites.

Les graphiques p peuvent être combinés à volonté, soit sur la base d'une seule caractéristique, soit sur la base de plusieurs caractéristiques réunies. L'interprétation dépend largement de la connaissance du nombre de caractéristiques. C'est particulièrement important dans le cas d'une étude de capacité de processus où les premiers graphiques p apparaissent sous contrôle. Cette situation peut traduire un « équilibre statistique » entre les caractéristiques, plutôt que la présence d'un seul système de causes.

Causes affectant le graphique p

Le graphique p ne traduit pas directement toutes les caractéristiques de la distribution. C'est-à-dire qu'il n'indique pas la moyenne, l'étendue et la forme de la distribution. Il montre simplement la classification arbitraire de la distribution en deux ou plusieurs parties. Pour cette raison, il est plus difficile d'identifier des causes spécifiques qui le concernent probablement.

Les causes d'un graphique p hors contrôle sont toutes celles qui peuvent affecter le centre, la dispersion ou la forme de la distribution du produit. Le graphique p est aussi très sensible aux causes qui affectent les standards utilisés comme base de la classification.

En cherchant les causes d'un graphique p hors contrôle, l'ingénieur doit s'appuyer fortement sur sa connaissance du métier. Il doit trouver les conditions environnementales qui sont associées au graphique et faire une recherche systématique des éléments qui peuvent contribuer à ces conditions. Voici les éléments qui peuvent faire l'objet d'une investigation :

1. Les matériaux (dont ceux utilisés pour la fabrication et l'inspection)
2. Les machines (dont les outils et d'autres appareils)
3. Les méthodes (dont les changements de procédures)
4. Les hommes (formation, attitude, expérience)

Au cours d'une étude sur les causes affectant des graphiques p , on ne doit pas oublier que de grandes variations peuvent intervenir de temps en temps sur le processus sans apparaître sur le graphique.

L'erreur faite le plus souvent quand on interprète un graphique p est de conclure trop rapidement qu'il est sous contrôle. Un graphique p qui semble sous contrôle peut simplement traduire un état d'équilibre entre plusieurs sources du produit. Avant de conclure qu'il est sous contrôle, il faut étudier chaque source séparément.

Interprétation des graphiques aux mesures individuelles

Ces graphiques montrent les fluctuations de mesures individuelles faites dans un ordre déterminé. L'ordre est souvent basé sur le temps, mais dans des analyses spéciales, l'ordre peut correspondre à des types de produits. Les graphiques aux mesures individuelles sont utilisés pour montrer des tendances générales, des variations inhabituelles ou des relations entre certaines mesures et certains standards.

De nombreux états passagers qui apparaissent sur un graphique \bar{X} et R peuvent aussi être détectés sur un graphique aux mesures individuelles, mais avec moins de précision. Les tests pour profils anormaux sont moins fiables que sur un graphique \bar{X} et R , car les graphiques aux mesures individuelles peuvent être sérieusement affectés par un changement de forme de la distribution. Il est parfois conseillé de vérifier les conclusions tirées à partir d'un graphique aux mesures individuelles en construisant un graphique \bar{X} et R .

En outre, certaines informations peuvent être plus facilement repérées sur un graphique aux mesures individuelles que sur un graphique \bar{X} et R . Parmi elles on peut noter :

1. Cycles (répétition régulière de profils)
2. Tendances (mouvement continu montant ou descendant)
3. Mélanges (présence de plusieurs distributions)
4. Groupements (mesures agglutinées sur un petit espace)

Erreurs à éviter avec un graphique aux mesures individuelles

Sur ce graphique, la taille de l'échantillon, si l'on peut dire, est 1. Les limites de contrôle sont donc les mêmes que si l'on utilisait un graphique \bar{X} avec $n = 1$. Si la distribution est symétrique, les limites de contrôle peuvent coïncider avec les limites spécifiées. Mais il ne faut pas oublier que la forme de la distribution est très importante pour déterminer quelle portion du produit dépassera les limites spécifiées.

Analyse des profils

Les paragraphes suivants décrivent 10 profils que l'on rencontre habituellement quand on observe soit des graphiques \bar{X} et R , soit des graphiques aux attributs, soit des graphiques aux mesures individuelles.

1. Profil naturel

Un profil naturel est celui qui ne donne aucun indice d'anomalie sur une longue série de points. Le système de causes est équilibré et le processus est « sous contrôle ». Toutefois, la stabilité n'est pas une raison suffisante pour dire que le profil est naturel (ou normal). Un profil de stratification peut paraître stable, mais il fournit une preuve évidente de la présence de causes attribuables. La distribution associée à un profil naturel est généralement régulière, présente un seul sommet et n'est pas très plate. Mais un profil naturel n'indique pas une « distribution normale ».

2. Cycles

Les cycles sont de courtes tendances dans les données qui apparaissent sur un profil de façon répétée. C'est l'indication d'une cause attribuable, car la première caractéristique d'un profil aléatoire est de ne pas se répéter. Les causes des cycles sont des variables qui vont et viennent de façon régulière. Dans le cas des machines dans un atelier, ils peuvent être associés à des successions de mouvements et de positions. Dans le cas d'opérations contrôlées manuellement, ils peuvent être associés à la fatigue individuelle ou au travail en trois équipes. Pour certains types de produits, ils peuvent être associés à des effets saisonniers.

3. Tendances

Une tendance se définit comme un mouvement continu vers le haut ou vers le bas. Elle se manifeste par une longue série de points qui ne changent pas de direction.

La distribution associée à une tendance est aplatie et plus large que ce qu'annoncerait un graphique R . Les tendances sont d'habitude assez faciles à identifier. Elles résultent de plusieurs sortes de causes qui agissent graduellement sur le processus. Si une tendance apparaît sur un graphique \bar{X} , c'est que le centre de la distribution monte ou descend graduellement. Si elle apparaît sur un graphique R , c'est que la dispersion augmente ou diminue graduellement. Si elle apparaît sur un graphique p , c'est que le pourcentage de défectueux augmente ou diminue progressivement.

4. Changement graduel de niveau

Un changement graduel de niveau indique généralement une ou deux choses : (1) Il y a dans le processus un élément qui est capable d'affecter d'abord quelques unités, puis un nombre d'unités de plus en plus grand. Par exemple, un groupe de nouveaux opérateurs est arrivé. A mesure qu'ils ont une meilleure formation (ce qui peut prendre plus ou moins de temps), la distribution est affectée dans une proportion de plus en plus grande. La même chose peut arriver quand de nouveaux appareils sont introduits l'un après l'autre, quand d'anciens lots du magasin, mal contrôlés, sont remplacés par de nouveaux lots, bien contrôlés, quand un programme de maintenance s'étend progressivement à de plus en plus d'équipements, quand les opérateurs commencent à suivre leurs graphiques de contrôle plus attentivement, etc.

5. Changement soudain de niveau

Un changement soudain de niveau est l'un des profils les plus faciles à interpréter. Parmi de nombreuses causes, on peut noter les suivantes : Un changement de composant ou de matière première. Un nouvel opérateur. Un nouvel inspecteur. Une nouvelle machine. Un nouveau réglage. Un manque d'attention des opérateurs. etc.

6. Amas de points

L'une des caractéristiques d'un profil naturel est que les mesures de toute amplitude ont tendance à se répartir plus ou moins uniformément sur l'ensemble des données. Si des mesures se groupent en un seul endroit pour former un amas de points, cela signifie que le profil n'est pas naturel. La répartition des points n'est pas aléatoire, et cette anomalie est le signe de l'introduction soudaine dans le produit d'un système de causes différent.

De telles indications sont parfois observées sur des graphiques \bar{X} , mais elles ont tendance à se produire plus fréquemment sur des graphiques aux mesures individuelles, des graphiques R ou des graphiques p . Dans de nombreux cas, c'est le graphique aux mesures individuelles qui est le plus sensible pour relever ce type d'anomalie. Les principales causes d'un amas de points sont les suivantes : Difficultés de mesure. Changement d'étalonnage d'un appareil de mesure. Changement dans une sélection du produit. Causes environnementales.

7. Instabilité

L'instabilité d'un profil se manifeste par des fluctuations anormalement grandes. Le profil comporte des points irréguliers qui sont marqués X en haut et en bas. Les fluctuations sont souvent trop larges pour tenir entre les limites de contrôle. Ce type de profil peut se produire de deux façons : (1) Une cause simple, capable d'affecter le centre ou la dispersion de la distribution, agit sur le processus de manière aléatoire. (2) Plusieurs causes, chacune capable d'affecter le centre ou la dispersion de la distribution, agissent ensemble sur le processus. Dans ce cas, le profil peut devenir très complexe. Les causes sont plus difficiles à identifier que sur des profils plus simples.

L'instabilité d'un processus est souvent associée à des mélanges ; un mélange instable peut être considéré comme une forme spéciale d'instabilité.

8. Mélange

Sur ce profil, les points ont tendance à tomber près de la limite supérieure et près de la limite inférieure en restant absents près du milieu. Les lignes joignant deux points sont anormalement longues. Ce profil est la combinaison de deux profils différents, l'un étant au niveau haut, l'autre étant au niveau bas.

9. Stratification

Des profils stratifiés peuvent se former sur un graphique p à la livraison d'un produit s'il existe de grandes différences entre divers conteneurs et si les échantillons sont sélectionnés de sorte que chaque échantillon comporte toujours quelques unités de chaque conteneur. Tout élément du processus qui est réparti systématiquement entre les échantillons peut être la cause d'une stratification. Il peut s'agir d'une machine si chaque machine fait partie de l'échantillon.

Les stratifications sont moins visibles sur les graphiques \bar{X} que sur les graphiques R . Elles ne peuvent pas apparaître sur les graphiques aux mesures individuelles.

10. Profil bizarre

Les profils bizarres résultent de la présence de la présence d'une simple unité ou d'une simple mesure largement différente des autres. De telles unités sont généralement produites par un système de causes venant de l'extérieur. Toutefois, certains points d'apparence bizarre peuvent faire partie du processus. Une autre source habituelle de profils bizarres est l'erreur de calcul. Parfois un point est bizarre parce que la personne qui l'a tracé sur le graphique n'a pas bien lu les données. Une opération incomplète ou une panne de machine sont d'autres causes possibles.

Chapitre 4

Etude de capabilité d'un processus

L'étude systématique d'un processus au moyen de graphiques de contrôle afin de voir s'il se comporte normalement se nomme « étude de capabilité ». Cette étude comporte la recherche de tout comportement anormal et une action pour en éliminer la cause, s'il est souhaitable de l'éliminer pour des raisons économiques. Le comportement normal du processus est nommé « capabilité du processus ».

L'information obtenue à partir des études de capabilité des processus permet de résoudre de nombreux problèmes d'ingénierie. D'autre part elle est utilisée pour mettre en marche les processus de l'atelier, établir les spécifications, obtenir de nouvelles connaissances sur les problèmes qui se posent au bureau d'études. Le principal but d'une étude de capabilité d'un processus est donc de trouver des occasions de réduire les coûts.

Base théorique de l'étude de capabilité d'un processus

Pour résumer brièvement l'étude de capabilité d'un processus, les points essentiels que le management de l'entreprise doit garder présents à l'esprit sont les suivants :

1. Dans la plupart des processus, une étude de capabilité fait apparaître un grand nombre de variations initiales. Certaines sont naturelles : elles proviennent des variations normales des personnes, des matériaux, des outils, des machines et d'autres éléments du processus. En revanche, certaines variations sont anormales. Elles sont dues à des choses qui peuvent être changées ou corrigées, comme une mauvaise formation des ouvriers, une mauvaise maintenance des machines, etc.
2. Si des études de capabilité n'ont pas été menées auparavant sur le processus, les variations anormales représentent probablement la plus grande partie des variations. C'est aussi, sans doute, la partie qui provoque des problèmes dans l'atelier, empêche le bureau d'études de faire des expériences concluantes et entraîne des coûts de fabrication et d'inspection élevés.
3. Les fluctuations et les distributions dépendent l'une de l'autre. Il en résulte que l'on peut utiliser des limites statistiques calculées à partir des distributions pour prévoir le comportement d'un profil normal.

L'étude de capabilité du processus servira à détecter et réduire les variations anormales. C'est aussi une riche source d'information pour le bureau d'études et l'atelier. Les variations anormales produiront des profils significatifs sur un graphique de contrôle, et ceux-ci à leur tour rendront possible la détection et l'étude des relations de cause à effet. Le bureau d'études et l'atelier peuvent ainsi tirer parti des variations anormales pour une meilleure connaissance du processus.

Procédures d'une étude de capabilité

L'étude est faite habituellement par un contremaître ou un ingénieur. Il obtient des données sur le processus et les porte sur des graphiques de contrôle qui montrent si le processus fonctionne normalement. De nombreuses études sont faites conjointement par les membres de l'équipe qualité.

Si le processus ne fonctionne pas normalement, les profils ont tendance à prendre des formes facilement reconnaissables qui peuvent être associées à des causes. La détection des causes anormales est terminée quand le graphique de contrôle montre des profils normaux, ou quand le processus atteint un point économique au-delà duquel il est évident qu'on ne peut rien gagner de plus.

Dès que la capabilité de chaque processus est connue, il devient possible de mettre en place dans l'atelier les contrôles adéquats, d'obtenir des changements dans les spécifications qui ne sont pas nécessaires, de réduire les inspections et de fixer des normes adaptées.

Graphiques de contrôle des nouveaux processus

Le terme « graphique de contrôle de processus » désigne un graphique de contrôle assurant la bonne marche de l'atelier. Il est utilisé pour prévenir les défauts, pour détecter les problèmes de l'atelier à la source et pour avoir un processus stable, fonctionnant de manière régulière et produisant une haute qualité pour un coût minimum.

La nécessité de tenir des graphiques de contrôle de processus s'explique ainsi :

1. L'objectif des graphiques de contrôle dans l'atelier est de conduire les distributions des caractéristiques des produits vers un état aussi économique que possible.
2. En l'absence de graphiques de contrôle, des variables indésirables viennent perturber les distributions. Il en résulte des problèmes de qualité, une efficacité médiocre, des retards de livraisons, des rebuts excessifs et un taux excessif de produits refusés à l'inspection.
3. Les graphiques de contrôle permettent d'éviter ces problèmes. Ils sont conçus pour trouver et éliminer les variables indésirables dès leur apparition.

Les graphiques de contrôle de processus ont une importance inestimable dans le programme de contrôle de la qualité. Sans eux, les plus brillantes études de capabilité peuvent échouer.

Sur les nouveaux processus, quand il y a beaucoup de phénomènes inconnus, les graphiques de contrôle de processus sont indispensables au bureau d'études. Sur les processus plus anciens, quand les ingénieurs et les contremaîtres ont acquis une grande expérience, les graphiques de contrôle de processus sont néanmoins encore nécessaires pour obtenir une meilleure efficacité.

Amélioration d'un processus à l'aide d'un graphique \bar{X} et R

Un atelier de Western Electric fabriquait un certain type de commutateur. Les performances étaient irrégulières et une grande proportion était rejetée pour cause de non-conformité aux spécifications. L'équipe de contrôle de la qualité a entrepris une étude de capabilité du processus. Un premier graphique a fait apparaître des irrégularités à la fois sur le profil \bar{X} et sur le profil R.

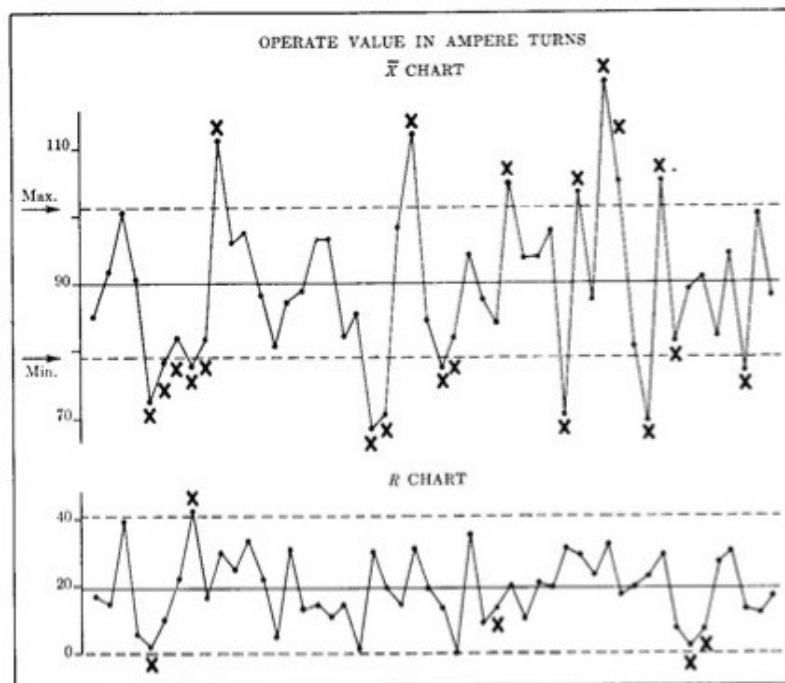


Figure 17. Premier graphique de l'étude de capabilité du processus

L'équipe ne devait pas perdre son temps en essayant de trouver des causes attribuables aux points hors contrôle du profil \bar{X} . Il est pratiquement impossible de les trouver avec un profil de cette forme.

En revanche, il faut savoir ceci :

1. Pour interpréter correctement un profil complexe, il faut être capable d'interpréter le profil R. Ici, ce profil est gonflé par la présence de variables cachées. Pour pouvoir l'interpréter, il faudra réduire cette inflation.
2. Pour réduire l'inflation, il faut éliminer une (au moins) des grandes variables du processus. Le graphique R donne presque toujours un indice pour la trouver.

Dans le cas présent, nous voyons que les fluctuations sur le graphique \bar{X} sont beaucoup plus larges que les fluctuations sur le graphique R . Ceci indique un sur-réglage. Par conséquent, il fallait chercher quand avait été fait le dernier réglage du processus et l'annuler avant de collecter d'autres données.

En regardant les notes du régleur de la machine, l'équipe a trouvé qu'un instrument avait été réglé de temps à autre afin d'éviter une éventuelle dérive du processus. On a donné l'ordre au régleur de ne faire aucun réglage sur cette machine pendant la nouvelle collecte de données. Le résultat apparaît sur la figure 18. On voit que la zone de contrôle du profil \bar{X} est plus étroite. La proportion de commutateurs rejetés pour cause de non-conformité aux spécifications est devenue beaucoup plus faible.

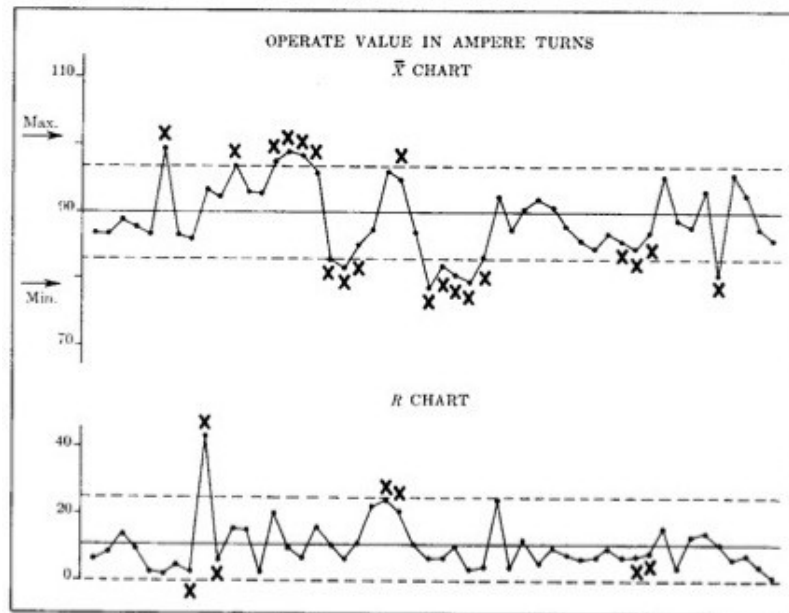


Figure 18. Second graphique de l'étude de capabilité du processus

Nombre de graphiques dans un atelier

Il existe deux sortes de graphiques de contrôle de processus : ceux qui ont pour but de contrôler la qualité de l'opération suivante, et ceux qui ont pour but de minimiser les pertes sur l'opération elle-même. Les deux sortes sont nécessaires.

Le nombre total de graphiques de contrôle dans un atelier varie suivant la nature des opérations et le nombre d'inconnues. Un produit complexe ne nécessite pas nécessairement beaucoup de graphiques. Ce nombre a tendance à être faible quand seule la technique de l'opérateur entre en jeu, et plus élevé quand les variables concernent plusieurs opérateurs et plusieurs machines.

Réunions opérationnelles pour le contrôle de la qualité

Toutes les actions nécessaires au contrôle de la qualité concernent plusieurs fonctions, dont au minimum l'ingénierie et la production. Le plus souvent, spécialement dans les premières étapes, on fait aussi appel à l'aide directe d'un ingénieur qualité. Dans ces conditions, trois personnes sont conjointement responsables de la mise en œuvre du contrôle de la qualité et de son suivi ; ce sont l'ingénieur produit, le chef d'atelier et l'ingénieur qualité. On dit souvent qu'ils forment une équipe de contrôle de la qualité.

L'ingénieur produit apporte le savoir faire technique, l'information sur les coûts, l'accès à la gestion des plans, les contacts avec les fournisseurs, etc. Le chef d'atelier apporte ses connaissances pratiques, sa capacité de prendre des décisions et son expérience du dialogue avec le personnel. L'ingénieur qualité apporte des conseils en statistique et son expérience de certains problèmes. Ensemble, ils peuvent faire des merveilles en peu de temps.

L'équipe de contrôle de la qualité

L'expérience montre que si des dispositions formelles n'ont pas été prises pour le travail d'équipe, les rapports entre la production et l'ingénierie ont tendance à devenir désordonnés ou irréguliers, l'action étant souvent limitée aux urgences. Dans ce cas, le programme de contrôle de la qualité ne se développe pas solidement. Inversement, quand l'équipe se réunit régulièrement suivant un calendrier et travaille sur les graphiques de contrôle, on ne connaît pas de cas où elle n'a pas obtenu de bons résultats.

Par conséquent, pour que le programme se développe le plus rapidement possible, il faut constituer une équipe de contrôle de la qualité pour chaque ligne de produit ou pour chaque type d'opération. Les tâches et les responsabilités de l'équipe sont les suivantes :

1. Planifier et conduire les études de capabilité du processus qui ne peuvent pas être conduits par l'ingénieur produit à lui seul.
2. Planifier les graphiques de contrôle du processus dans l'atelier ; déterminer le type et le nombre de graphiques.
3. Installer les graphiques de contrôle, former les responsables et leur donner les documents nécessaires.
4. Maintenir une surveillance permanente sur tous les graphiques de contrôles de processus afin de s'assurer qu'ils sont utilisés efficacement et produisent un maximum d'économies. Il faut notamment retirer les graphiques inutiles, ou ajouter de nouveaux graphiques suivant les besoins.

Supervision par le management

Pour que les équipes de contrôle de la qualité fonctionnent correctement, il faut qu'elles aient conscience de l'intérêt et du soutien du management à tous les niveaux. Le management doit assister à la formation des équipes, faire apparition dans leurs réunions de temps à autre, suivre les rapports d'avancement et reconnaître les bonnes réalisations.

Chapitre 5

Applications à l'atelier

A la mise en oeuvre de graphiques de contrôle sur un poste de travail donné, il est nécessaire d'avoir toujours présents à l'esprit des objectifs qui sont d'améliorer la qualité, de réduire les réparations, de rendre les processus plus stables et de trouver les causes de certaines difficultés rencontrées habituellement. Il faut aussi vérifier la pertinence des spécifications. Ces objectifs s'accordent tous avec l'objectif général du contrôle de la qualité qui est d'améliorer la qualité et en même temps de réduire les coûts.

Les détails du planning, de l'installation et de l'utilisation des graphiques de contrôle de l'atelier devront être traités conjointement par le bureau d'études et l'équipe de contrôle de la qualité.

1. Planning des graphiques de contrôle. Où placer les premiers graphiques.

Presque tous les ateliers ont besoin d'un certain nombre de graphiques de contrôle. Les graphiques doivent être mis en place de façon à faire apparaître les causes de variations significatives qui concernent chaque poste de travail. Il existe deux moyens permettant de découvrir ces causes de variations : (1) les études de capabilité de processus. Elles se terminent souvent en indiquant les emplacements adéquats pour les graphiques de contrôle. (2) Les études de performance. On peut les utiliser si l'atelier a des difficultés pour satisfaire une exigence ou s'il effectue de nombreuses réparations.

Comment choisir le type de graphique approprié

Trois types de graphiques de contrôle sont habituellement utilisés dans les ateliers.

Graphiques \bar{X} et R

On les utilise pour la mise en marche des nouveaux postes de travail et de ceux où le bureau d'études n'a pas résolu tous les problèmes, ceux qui ont des problèmes chroniques. On les utilise aussi dans les cas où l'on souhaite obtenir des changements dans les spécifications et dans les cas où l'on souhaite réduire l'inspection entrante au minimum.

Graphiques aux attributs

On les utilise dans les cas où ils peuvent aider les opérateurs à faire un meilleur travail. On les utilise aussi dans les cas où l'on souhaite réduire les réparations et les rebuts. On les utilise enfin quand il n'est pas possible de détecter des causes assignables avec des graphiques \bar{X} et R.

Graphiques aux mesures individuelles

On les utilise pour les opérations dans lesquelles il n'est pas possible d'obtenir plus d'une mesure par échantillon ; par exemple la température d'un four, la pression d'un gaz ou une quantité de liquide.

Comment déterminer le nombre correct de graphiques

Il est rarement possible de déterminer, au début, combien de graphiques seront nécessaires. On peut cependant le déterminer au bout d'un certain temps. Au début, mettez des graphiques sur toutes les caractéristiques qui vous semblent importantes. Les graphiques eux-mêmes vous donneront des informations sur leur utilité. Au cours du temps, supprimez les graphiques dont la nécessité n'est pas certaine. Ajoutez-en d'autres qui vous semblent nécessaires.

Il faut tenir à jour un registre du nombre de graphiques dans l'atelier. Il est préférable de séparer les types de graphiques. En général, on constate au bout de quelques mois que le nombre de graphiques tend à augmenter. Ensuite, il peut se stabiliser ou même décroître. Ce ne sont pas nécessairement les mêmes graphiques qu'au début. Si les graphiques sont utilisés efficacement et si de nouvelles connaissances sont acquises, la proportion des graphiques \bar{X} et R augmente tandis que celle des graphiques p diminue.

Toutes les décisions relatives à l'addition ou au retrait de graphiques doivent être prises conjointement par le bureau d'études et l'équipe de contrôle de la qualité.

Comment s'assurer que les graphiques sont établis correctement

Les graphiques de contrôle d'atelier ne sont pas conçus pour être interprétés de la même manière que ceux des études de capabilité de processus. Quand un graphique utilisé dans une étude de capabilité de processus est « hors

contrôle », c'est une information supplémentaire. Il est même parfois très utile qu'il le soit pour permettre de résoudre un problème latent.

Les graphiques de contrôle de processus sont établis afin qu'un « hors contrôle » soit synonyme de problème. Cela signifie qu'une partie du produit ne respecte pas les spécifications, que les difficultés d'assemblage vont augmenter, que les opérations qui suivent vont souffrir et que les rendements vont chuter.

Voici quelques-unes des conditions qui peuvent faire que certains graphiques de contrôle n'ont pas été placés correctement :

1. La cause du problème est trop éloignée de l'endroit où se trouve le graphique. Dans ce cas, il sera très difficile de trouver cette cause.
2. Les produits ont été triés avant d'arriver à l'endroit où est pris l'échantillon. Dans ce cas, l'information nécessaire a probablement été éliminée avec les produits rejetés.
3. Le graphique couvre de trop nombreuses caractéristiques. C'est souvent le cas avec les graphiques p. Quand le graphique fait apparaître un problème, on n'a aucun moyen de savoir quelle est la caractéristique hors contrôle.
4. Même quand le graphique couvre une seule caractéristique, celle-ci peut être affectée par un trop grand nombre de causes. Parfois on peut trouver plusieurs dizaines de causes pouvant mettre la caractéristique hors contrôle. Un diagramme en arête de poisson peut aider à les connaître.

L'équipe de contrôle de la qualité doit s'assurer que tous les graphiques sont correctement préparés, mis en place dans les ateliers et utilisés pour trouver les causes des problèmes.

Opérations n'ayant pas besoin d'être suivies par des graphiques

Il n'est pas nécessaire de planifier des graphiques de contrôle pour toutes les opérations. Certaines opérations n'ont pas besoin d'être vérifiées. Sur d'autres, il suffira que l'opérateur vérifie quelques pièces de temps en temps. Mais il ne faut pas trop se fier à ces légères vérifications. Seuls de petits échantillons peuvent permettre de voir si une caractéristique du produit est dans de bonnes conditions ou non.

2. Procédures de mise en œuvre

Pendant la mise en place des graphiques de contrôle dans l'atelier, il faut décider où le processus doit être vérifié, où et comment les échantillons doivent être prélevés.

La vérification du processus doit se faire le plus tôt possible après l'opération à contrôler. L'échantillon doit être sélectionné de façon à détecter les changements du processus aussi rapidement et aussi économiquement que possible. Il faut s'assurer que les échantillons sont vraiment représentatifs du processus.

Décider quel sera l'intervalle entre les prises d'échantillons

Ceci dépend de (a) le coût des vérifications et (b) la rapidité avec lesquels le processus peut changer. La fréquence nécessaire pour les vérifications peut être de quelques minutes, quelques heures ou quelques jours. Au début, il est généralement nécessaire de prendre des échantillons plus fréquemment que lorsque le processus commence à se stabiliser. Une responsabilité importante de l'équipe de contrôle de la qualité est de suivre les fréquences sur tous les graphiques de contrôle afin d'augmenter autant que possible les intervalles entre les vérifications.

Décider quelle sera la taille de l'échantillon.

Habituellement, la taille de l'échantillon est déterminée par le type de graphique. Il ne faut pas hésiter à choisir une taille d'échantillon différente de celle qui est choisie au chapitre 2 (cinq pièces).

Dans ce cas, les constantes à utiliser sont les suivantes :

Echantillon	Facteur \bar{X}	Facteur R
2	1,88	3,27
3	1,02	2,57
4	0,73	2,28
5	0,58	2,11
6	0,48	2,01

Les implications de la taille de l'échantillon qui a été choisie doivent être discutées soigneusement par l'équipe de contrôle de la qualité.

Fournir au personnel tout ce qui est nécessaire pour obtenir les données et tenir les graphiques

Ce seront des instruments de mesure, des jauges et d'autres dispositifs. Il faudra aussi désigner la personne qui prendra les échantillons, fera les mesures et remplira les graphiques. Il faudra lui donner une formation adéquate.

Ecrire un document donnant les instructions pour l'utilisation de chaque graphique

Ce travail est la responsabilité de l'ingénieur produit. Le document doit comprendre les instructions sur la façon de prendre les échantillons, faire les mesures, faire les calculs, marquer les profils et décider de ce qu'il faut regarder quand le graphique passe hors contrôle. L'ingénieur produit est assisté dans ce travail par l'équipe de contrôle de la qualité. A mesure que l'expérience s'accumule, ce document peut être modifié pour donner d'autres informations.

3. Modifications des graphiques de contrôle

Les graphiques de contrôle de processus sont dynamiques plutôt que statiques ; ils ont besoin d'être étudiés et changés continuellement. La forme du graphique peut changer avec les changements dans le processus, le planning, les exigences, la conception du produit, etc. Les graphiques en service doivent être évalués de façon répétée à la lumière des résultats ou des connaissances acquises. Les principales raisons de mettre à jour régulièrement les graphiques de contrôle de processus sont les suivantes :

- Faciliter leur lisibilité et leur interprétation.
- Supprimer les graphiques devenus inutiles.
- Rassembler plusieurs graphiques en un seul dans un souci d'économie.
- Séparer un seul graphique en plusieurs pour une meilleure analyse.
- Réduire ou augmenter les intervalles entre les échantillons.

Chapitre 6

Applications au bureau d'études

Etude de capabilité de processus

Ce chapitre a pour objet la théorie et la pratique de l'étude de capabilité de processus. Cette étude commence avec la sélection d'un problème à étudier, qu'il faut d'abord traduire en termes statistiques. Le problème est ensuite résolu en appliquant un ensemble de procédures. Pour finir, la solution est à nouveau traduite dans les termes initiaux.

L'étude de capabilité de processus est une technique de base pour analyser des données. On peut l'utiliser pour tous les types de données obtenues à partir d'un processus de production. Elle peut être faite par un ingénieur, un contremaître ou toute personne ayant une responsabilité sur le processus. Toutefois, l'étude de capabilité du processus est d'abord une technique de recherche, et à ce titre elle est particulièrement importante dans tous les domaines de l'ingénierie.

Base rationnelle de l'étude de capabilité de processus

Définitions

Processus. Ce terme se rapporte à un « système de causes ». C'est une combinaison de conditions qui agissent ensemble pour produire un résultat donné. C'est souvent une combinaison d'hommes, de matériaux, de machines et de méthodes, mais il peut avoir d'autres significations. Le processus étudié peut être aussi simple que le mouvement d'une main, mais il peut être aussi complexe que l'ensemble des opérations d'une usine.

Capabilité d'un processus. Ce terme se rapporte au comportement normal d'un processus qui est dans un état de contrôle statistique ; c'est une série d'effets produits quand le processus n'est pas affecté par des causes extérieures. Dans une fabrication, c'est son aptitude à produire des objets semblables. Il faut que le contrôle statistique soit maintenu pendant une assez longue période de temps dans des conditions données. La capabilité du processus peut s'exprimer en pourcentage de défectueux ou avec une distribution. Dans ce cas, elle se rapporte à une distribution qui ne doit pas être condensée.

La « capabilité » d'un processus n'est pas la même chose que sa « performance », car une performance comprend toutes sortes de variables supplémentaires et de perturbations indésirables dans le système de causes. La capabilité est la performance naturelle après l'élimination des influences extérieures.

Etude de capabilité de processus. C'est une procédure systématique pour déterminer la capabilité du processus au moyen de graphiques de contrôle, et pour changer le processus, au besoin, pour obtenir une meilleure capabilité. Elle doit être poursuivie tant que le problème qui est à l'origine n'a pas été résolu.

Aperçu de la technique

Les études de capabilité de processus peuvent s'appliquer à presque tous les problèmes de management, d'ingénierie, de production et d'inspection. Nous donnons ici une liste des problèmes qui peuvent être résolus quand cette technique est appliquée correctement. Ces problèmes sont essentiellement liés à la nature et au comportement d'une distribution. S'ils peuvent être résolus, c'est parce que les études de capabilité de processus donnent une méthode pour analyser et modifier les distributions.

1. Qualité

- Trop de défauts en production
- Trop de défauts à l'inspection finale
- Trop de défauts à l'inspection entrante
- Produit instable.

2. Coûts

- Trop d'inspection

- Trop de réglages
- Trop de réparations
- Trop de rebuts
- Trop de pertes de marchandises
- Retards dans la production
- Faibles rendements

3. Informations

- Effets des modifications
- Degré de formation des ouvriers
- Erreurs de mesure

4. Administration

- Evaluation des coûts
- Evaluation des pertes
- Evaluation des rendements

5. Recherche et développement

- Nouveaux produits
- Nouvelles méthodes
- Réduction des coûts de développement
- Achat de nouvelles machines

Certains processus peuvent être étudiés par saisie directe des données sur le processus, par exemple la mesure de la température d'un four. D'autres peuvent être étudiés en observant les effets du processus sur le produit, par exemple le diamètre d'une pièce. Dans les deux cas, une étude de capabilité de processus commence en obtenant une série de mesures ou des pourcentages de défauts.

Quand il faut choisir entre des mesures continues et des mesures par attributs, il faut se donner la peine de chercher une méthode permettant d'obtenir des valeurs réelles. Le graphique \bar{X} et R est à choisir de préférence car sa grande sensibilité est un avantage appréciable.

Où et comment utiliser un graphique \bar{X} et R

Le graphique \bar{X} et R exige moins de données que tout autre graphique de contrôle pour obtenir la même quantité d'information. C'est celui qu'il faut utiliser quand les mesures sont coûteuses ou quand l'essai est destructif. De plus, il possède deux avantages que les autres n'ont pas :

1. Sur ce graphique, différentes sortes de problèmes apparaissent de différentes façons.

Par exemple, sur le graphique \bar{X} on voit qu'une machine est mal réglée, tandis que sur le graphique R on voit qu'une pièce est cassée. Un graphique \bar{X} et R peut répondre à des questions comme : pourquoi obtient-on des résultats incohérents ? Qu'est-ce qui provoque tant de problèmes aussi fréquemment ? En général, plus le produit est nouveau, plus il est nécessaire d'utiliser des graphiques \bar{X} et R .

2. Ce graphique permet d'étudier le processus indépendamment des spécifications.

Les graphiques \bar{X} et R commencent avec le processus lui-même et donnent une image de ce qu'il peut donner. Ensuite, le processus peut être comparé avec les spécifications, suivant la nature du problème. Pour cette raison, les graphiques \bar{X} et R peuvent servir à changer les spécifications en fixant des limites plus réalistes.

Où et comment utiliser des graphiques p

Un graphique p exige des échantillons plus grands qu'un graphique \bar{X} et R . Il est moins souple et moins sensible qu'un graphique \bar{X} et R pour les raisons suivantes :

1. Le graphique p ne peut pas dire si le problème est causé par un manque de contrôle de la valeur moyenne, par le fait que les limites spécifiées sont trop étroites, ou par une dispersion incontrôlée du processus.

2. Le graphique p ne peut pas prévenir les dérives du processus tant que ces dérives n'ont pas entraîné la présence de produits défectueux.

D'autre part, un graphique p a souvent l'avantage d'utiliser des données qui sont déjà disponibles dans l'atelier, alors que pour un graphique \bar{X} et R , il est généralement nécessaire d'obtenir des données spéciales.

Les graphiques p sont couramment utilisés pour étudier un processus d'assemblage en entier. Un seul pourcentage peut recouvrir tous les défauts et toutes les caractéristiques. Ce type de graphique peut constituer par lui-même une étude de capabilité parfaitement valable, et il donnera aussi une bonne estimation de l'efficacité des changements, des corrections et des améliorations qui résultent d'autres études.

Toutefois, quand ils sont utilisés seuls sur un processus, les graphiques p sont souvent difficiles à interpréter. Les causes de profils anormaux peuvent être si profondément cachées qu'il est impossible de les trouver. Il faut alors les diviser en plusieurs graphiques concernant des défauts individuels.

Précautions pour obtenir les mesures

Quand on fait une étude de capabilité de processus, il est nécessaire de planifier soigneusement la façon de collecter les données. Les règles suivantes sont basées sur l'expérience de Western Electric :

1. Collecter les données dans le même ordre que celui de la sortie des produits.
2. S'arranger pour saisir les données sur le produit dès sa sortie.
3. Décider à l'avance de la technique à utiliser pour les mesures.
4. Décider à l'avance combien de mesures doivent être saisies.
5. Dire à la personne qui fait les mesures de noter tous les changements apportés au processus.

Etude des profils

L'analyse préliminaire d'une étude de capabilité d'un processus comporte deux étapes.

1. Ecrire soigneusement sur le graphique tous les faits relatifs aux données. Ils serviront plus tard à séparer les données en fonction des sources. Noter aussi toutes les conditions environnementales pouvant affecter les résultats, par exemple la réparation d'un appareil.
2. Examiner soigneusement les profils et marquer les X. Déterminer le type d'instabilité (cycle, tendance, dérive graduelle, dérive brusque, fluctuation erratique, profil bizarre, interaction). L'écrire à côté des X. Noter aussi les informations éventuelles, comme par exemple « outil utilisé ».

Une étude de capabilité bien conduite donnera toujours des informations intéressantes, que les profils soient normaux ou anormaux. Cependant le graphique sera utilisé de manière différente suivant qu'un profil est normal ou anormal.

Conclusions à partir d'un profil normal

La première signification d'un profil normal est que le processus est sous contrôle. Il est stable et n'est pas perturbé par des causes extérieures. Il tend à se répéter jour après jour, et par conséquent il est prévisible. On peut déterminer par le calcul les caractéristiques sous-jacentes : le centre, la forme et la dispersion de la distribution.

On peut aussi estimer par le calcul le pourcentage de pièces hors tolérance, et établir des standards pour les budgets, les prévisions commerciales, les primes, etc.

Conclusions à partir d'un profil anormal

Un profil anormal indique que le processus est hors contrôle, par conséquent il n'est pas prévisible. On peut cependant obtenir des informations utiles. La première signification d'un profil anormal est le fait que des causes importantes, capables d'avoir une grande influence sur le processus, sont présentes sous une forme susceptible d'être étudiée. Alors que les profils normaux sont utilisés surtout pour établir des standards et faire des estimations, les profils anormaux sont utilisés surtout pour acquérir une nouvelle connaissance du processus.

Estimation d'une capabilité quand le profil n'est pas sous contrôle

Il peut arriver qu'on soit obligé d'estimer la capabilité d'un processus avant qu'il soit possible de mettre le profil sous contrôle. Dans ce cas l'estimation ne peut être que grossière. Cependant, des estimations basées sur les premiers profils d'une étude de capabilité, même s'ils sont hors contrôle, sont meilleures que des estimations faites en l'absence d'une étude de capabilité. Quand on donne une estimation faite hors contrôle, il faut toujours expliquer la base de l'estimation et faire voir le profil correspondant. Il faut aussi toujours garder présent à l'esprit qu'une estimation faite à partir de données hors contrôle n'est jamais fiable.

Utilisation de l'information donnée par une étude de capacité de processus

La première étape dans l'utilisation de l'information est de voir si la capacité du processus a les caractéristiques demandées. Un produit peut être sous contrôle, mais à un niveau totalement inacceptable. Il peut être sous contrôle avec 50 % de produits qui ne répondent pas aux spécifications. Il peut être sous contrôle mais avec une dispersion telle qu'il est impossible d'avoir un bon rendement. De plus, il est possible qu'on ait rencontré des problèmes de mesure ; il faut peut-être des données supplémentaires pour accorder les spécifications avec la capacité du processus.

Dans tous les cas, deux sortes d'actions sont possibles : sur le processus et sur les spécifications.

Actions sur le processus

Décider de ce qu'il faut faire au sujet des causes attribuables connues. Il est possible de les éliminer ou de les laisser dans le processus. Celles que vous ne voudrez peut-être pas éliminer sont l'usure normale des outils, les variations du réglage des machines, les variations des caractéristiques des matières premières, les différences entre les opérateurs, etc. Si ces causes restent dans le processus, il faudra mettre un graphique de contrôle dans l'atelier pour les faire tenir entre les limites.

Actions sur les spécifications

Elles peuvent prendre six formes différentes :

1. Essayer d'élargir les spécifications qui sont plus étroites que la capacité du processus.
2. Essayer de rétrécir les spécifications si cela permet d'obtenir des avantages économiques.
3. Éliminer les spécifications qui se sont avérées inutiles.
4. Ajouter des spécifications quand elles sont nécessaires ou souhaitables.
5. Décaler les valeurs nominales des spécifications quand elles sont mal placées.
6. Réviser les spécifications inexactes ou obscures.

Ne vous découragez pas si vous trouvez qu'une étude de capacité de processus conduit à une autre étude, puis encore à une autre. Le problème que vous abordez existe peut-être depuis des années. Il est impossible de résoudre une situation aussi compliquée en une quinzaine de jours.

Le facteur déterminant, c'est que l'étude de capacité continue de révéler des informations qui conduisent à une réduction des coûts, ou bien à une amélioration de la qualité, ou aux deux.

Passage de l'étude de capacité de processus au graphique de contrôle d'atelier

Quand l'ingénieur qualité a obtenu certaines informations à partir d'une étude de capacité de processus, il sait quelles sont les distributions qui peuvent être gardées sous contrôle avec un coût raisonnable. Il va pouvoir installer un contrôle du processus dans l'atelier afin de conserver la distribution souhaitée.

Installation d'un graphique de contrôle dans l'atelier

Un graphique de contrôle d'atelier doit être basé sur la capacité « long terme » du processus plutôt que sur sa capacité « court terme ». La première comprend l'effet normal de l'usure des outils et des variations mineures d'un lot de pièces à un autre. La seconde est relative au concept de « tolérance normale » que l'ingénieur traduit par un écart de plus ou moins trois sigma par rapport à la moyenne.

Il faut travailler régulièrement avec l'atelier en utilisant les informations issues du graphique. Des considérations économiques peuvent exercer une forte influence sur les décisions de l'ingénieur : certains processus ne sont pas capables de sortir des produits compatibles avec les limites spécifiées ; certaines spécifications ne sont pas compatibles les unes avec les autres ; il faut parfois choisir de réparer des défauts sur une opération plutôt que sur une autre.

Toutes ces expériences demandent un nombre minimum de données. Elles doivent être utilisées comme des moyens d'obtenir des indications rapides sur les meilleures voies de recherche. Les variables qui ont été trouvées significatives dans l'expérience sont probablement des variables importantes. On peut les utiliser pour améliorer le processus, réduire les coûts ou expliquer des effets qui restaient inexplicables jusque-là.

Dans tous les cas, l'ingénieur doit concevoir ses expériences sur la base des études de capacité de processus qui ont été faites antérieurement et il doit vérifier toutes les conclusions de ses expériences en faisant d'autres études. Il doit se garder de la tentation de substituer des conclusions rapides à l'analyse plus large et plus fiable qui fait partie d'une étude de capacité de processus.

Chapitre 7

L'équipe de contrôle de la qualité

Ce chapitre met l'accent sur l'importance de l'équipe de contrôle de la qualité. Cette importance apparaît dans le planning et l'installation des graphiques, la formation du contrôleur de processus et l'utilisation des graphiques de contrôle. On trouvera ici de nouveaux détails sur ses activités.

1. Réunions régulières de l'équipe

Rappelons que l'équipe de contrôle de la qualité se compose de l'ingénieur produit, du chef d'atelier et de l'ingénieur qualité attaché à un secteur donné. Le premier but de l'équipe est de s'assurer de la coopération directe et constante entre les opérations et le bureau d'études dans tous les problèmes concernant le contrôle de la qualité, et aussi de veiller à ce que les méthodes statistiques soient utilisées correctement et de manière cohérente.

La première étape de la création d'une équipe de contrôle de la qualité est une réunion entre le chef d'atelier et les ingénieurs afin de réfléchir au travail sous l'angle du contrôle des processus et de planifier les premières études de capacité et les premiers graphiques. Ensuite, l'équipe devrait se réunir une fois par semaine ou une fois par mois, selon les conditions de travail. Les réunions doivent être plus fréquentes au début, sans excéder une fois par semaine, et moins fréquentes quand les processus commencent à être sous contrôle.

La principale activité d'une réunion consiste à regarder les graphiques de contrôle. Un membre de l'équipe ramasse tous les graphiques en service et les apporte à la réunion.

Voici les points qui doivent être abordés dans chaque réunion :

- Vérifier les actions que l'on a promis de faire à la réunion précédente.
- Passer en revue tous les graphiques dans l'ordre des opérations et noter leurs progrès. Noter aussi les caractéristiques qui posent des problèmes et les graphiques qui semblent réagir les uns sur les autres. Discuter les causes des profils anormaux.
- Supprimer les graphiques devenus inutiles. Se mettre d'accord sur les graphiques qu'il est nécessaire de modifier. Prévoir au besoin de nouvelles études de capacité.
- Décider de nouvelles actions selon la situation présente dans l'atelier. Ces actions peuvent concerner d'autres secteurs ou d'autres départements. Se mettre d'accord sur la personne qui va les prendre en charge.

Dans tous les cas, les réunions doivent être conduites sur une base systématique et couvertes par des rapports écrits. Ceux-ci doivent comporter, entre autres choses, un résumé des résultats des programmes de réduction de coûts.

2. Couverture du contrôle de la qualité

La couverture idéale du contrôle de la qualité est obtenue quand toutes les opérations sont étudiées systématiquement afin de déterminer leurs possibilités et le niveau de contrôle qui leur est nécessaire.

Il n'est pas possible de garder une trace du contrôle de la qualité en regardant seulement le nombre de graphiques de contrôle, car il existe un grand nombre d'opérations qui n'en ont pas besoin. En revanche, c'est nécessaire pour toutes les opérations qui doivent être étudiées. Par conséquent, le progrès se mesure au nombre d'opérations qui ont été étudiées.

Etant donné que le management a un intérêt vital dans le progrès du programme de contrôle de la qualité, l'une des importantes obligations de l'équipe de contrôle de la qualité est de tenir le management informé à des intervalles réguliers. L'équipe doit sortir un rapport d'avancement formel un an au plus tard après le démarrage des activités de contrôle de la qualité. Ensuite, les rapports doivent être sortis environ tous les six mois. Les rapports peuvent couvrir l'amélioration de la qualité, la réduction des coûts, la réduction du nombre d'inspections ou tout autre sujet parmi ceux du programme de contrôle de la qualité.

Les rapports doivent être concis et factuels. Ils doivent comporter des valeurs numériques présentées, si possible sous forme de tableaux. Ils doivent comporter une brève présentation des plans de contrôle de qualité pour un avenir immédiat.

3. Réduction des coûts

Au cours des réunions de l'équipe de contrôle de la qualité, on constate souvent que d'importantes économies peuvent être réalisées en appliquant les méthodes de contrôle de la qualité. Ces réductions de coût sont obtenues grâce à une réduction des opérations d'inspection finale, une réduction des opérations de tri, l'utilisation de graphiques de contrôle pour avoir des distributions centrées et maintenir les processus sous contrôle, et des études de performance pour améliorer les processus existants et pour développer de nouveaux processus.

Les progrès dans ce domaine sont examinés périodiquement dans les réunions. Les buts et les résultats du programme sont expliqués aux opérateurs et aux régleurs pour en obtenir la plus grande coopération possible.

Les réductions de coût sont résumées périodiquement dans les rapports d'activité. A mesure que le programme de contrôle de la qualité se développe, les efforts pour réduire les coûts deviennent de plus en plus importants.

4. Audit des graphiques de contrôle

Il est souhaitable de tenir périodiquement une revue formelle des activités de contrôle de la qualité conduite par une personne extérieure à l'équipe de contrôle de la qualité. Le but est de s'assurer que les pratiques du contrôle de la qualité dans l'atelier sont uniformes et que les contrôles des processus ne sont pas négligés ou méconnus du personnel.

Quand l'audit est terminé, des recommandations sont envoyées aux membres de l'équipe, à la suite desquelles une discussion plus ou moins formelle est engagée. Après la discussion, un rapport formel est rédigé pour être envoyé au management et aux membres de l'équipe. Un suivi est fait périodiquement pour s'assurer que tous les points ont été traités.

Fin de la première partie