

# REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

R. RAMBACH

## **Le contrôle statistique source d'économie à tous les stades de la fabrication**

*Revue de statistique appliquée*, tome 3, n° 1 (1955), p. 9-20

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1955\\_\\_3\\_1\\_9\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1955__3_1_9_0)

© Société française de statistique, 1955, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

# LE CONTRÔLE STATISTIQUE

## SOURCE D'ÉCONOMIE

## A TOUS LES STADES

## DE LA FABRICATION

par

**R. RAMBACH**

*Ingénieur-Conseil*  
*Ancien élève de l'École Polytechnique*

*L'application des méthodes de contrôle statistique s'est étendue très rapidement des industries mécaniques et électriques, pour lesquelles ces méthodes avaient été conçues, aux domaines industriels les plus divers. Le caractère original de ces méthodes réside dans le fait qu'elles ne constituent pas un nouveau procédé d'organisation, mais qu'elles apparaissent comme un mode plus précis de perception de la réalité industrielle. Les services qu'elles rendent aux entreprises sont d'ordre très divers, mais se caractérisent toujours très rapidement par d'importantes économies.*

*C'est l'idée d'économie sur l'effectif consacré au contrôle que suggère habituellement à chacun le terme de contrôle statistique. Et il est bien certain que l'on obtient un tel résultat chaque fois que l'on a la possibilité d'instaurer un contrôle par prélèvement à la place d'un contrôle intégral.*

*Le plus souvent, toutefois, les économies obtenues au service contrôle proviennent surtout du fait que les ensembles de pièces qui lui sont soumis sont eux-mêmes d'une qualité améliorée. Et cela pour des raisons multiples examinées ci-après par M. Rambach, qui a mis au point les services de contrôle statistique de diverses industries.*

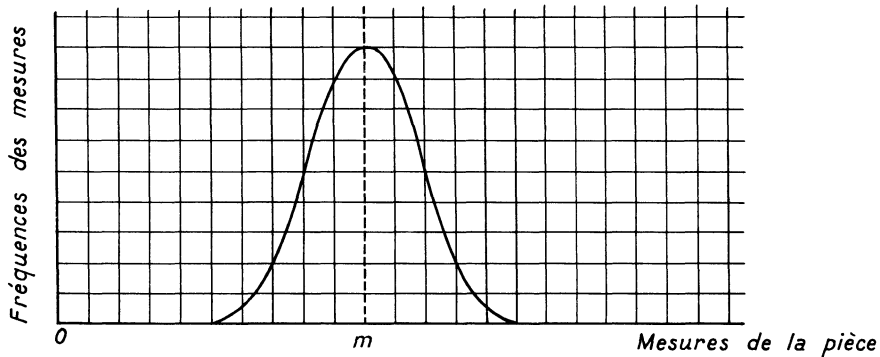
### **TOLÉRANCES DES DIVERS ÉLÉMENTS D'UN ENSEMBLE**

L'étude des tolérances des diverses pièces destinées à constituer un ensemble constitue un bon exemple de la nécessité d'appliquer des règles statistiques.

L'usage courant est en effet de fixer pour chacun d'entre elles des limites telles que la somme des tolérances des divers éléments soit égale à la tolérance de l'ensemble. Si l'ouvrier groupe les plus petits ou les plus grands de chacun des éléments, la tolérance requise pour l'ensemble se trouvera respectée. Mais il n'y a en réalité aucune chance pour que le hasard amène l'ouvrier à choisir simultanément le plus petit de chacun des éléments à assembler. Les précautions prises sont donc excessives ; on pourrait constituer des assemblages tous corrects en se contentant de tolérances sensiblement plus larges et par suite évidemment avec un prix de revient moins élevé.

Les règles de la statistique permettent de calculer très simplement dans un tel cas les tolérances à respecter pour chaque élément. On sait en effet que les diverses valeurs d'une dimension des pièces produites ont leurs fréquences réparties de part et d'autre d'une valeur centrale  $M$  selon une courbe en forme

de cloche bien connue dite Courbe de Gauss (fig 1). Vérité mathématique qui se trouve respectée en général dans la pratique avec une approximation d'autant meilleure que l'on considère un lot d'un grand nombre de pièces, mais acceptable néanmoins dès qu'il s'agit de quelques centaines d'entre elles. L'intervalle qui sépare les deux points où la courbe rencontre pratiquement l'axe des X représente l'intervalle de tolérance de l'élément. Lorsqu'on assemble plusieurs éléments, la répartition de chacun d'entre eux est représentée par une telle courbe. Des formules simples permettent de calculer quelle sera la courbe représentant l'assemblage de ces éléments et par conséquent la tolérance résultant des tolérances élémentaires. Si par exemple on doit assembler 4 éléments semblables pour constituer un tout, on trouve qu'il suffit que chacun des 4 éléments soit exécuté à une tolérance égale à la moitié de celle de l'ensemble (et non pas au quart comme on le calculerait habituellement) pour assurer des montages satisfaisants.



Le champ d'application de ces idées ne doit d'ailleurs pas être limité à la seule notion de longueur et à la seule industrie mécanique. Les mêmes principes s'appliquent chaque fois qu'il y a composition de plusieurs grandeurs indépendantes. Par exemple, dans la prise en considération du poids d'un emballage et de celui de son contenu, considération qui s'applique chaque fois que l'on vend un produit en fonction de son poids net en ne disposant que de la possibilité d'en contrôler le poids emballé.

## AMÉLIORATION DU RÉGLAGE DES MACHINES

Plus encore peut être que l'agent du bureau d'études, le régleur aura intérêt à savoir que les dimensions de l'ensemble des pièces produites par sa machine peuvent varier dans certaines limites du fait de circonstances infinitésimales assimilables au hasard et à connaître ces limites. Faute de cela en effet, lorsqu'il trouve une pièce dont la cote n'est pas absolument identique à celle souhaitée, il ignore totalement si cette différence est caractéristique d'un mauvais réglage ou seulement imputable au hasard. Et selon son caractère, il sera amené, soit à ne pas modifier des réglages qui mériteraient de l'être, soit au contraire à modifier inconsidérément des réglages satisfaisants. Alors que si une étude préalable lui a indiqué quelles étaient les variations des cotes possibles du seul fait du hasard, il saura distinguer les divergences imputables à la chance de celles qui justifient à coup sûr une action corrective de sa part.

Le réglage sera encore amélioré s'il prend en considération non pas la valeur d'une pièce au hasard, mais la valeur moyenne d'un certain nombre de pièces, cinq par exemple. Le bon sens seul indique déjà que des moyennes de cinq pièces ne pourront varier du fait du hasard que dans des limites plus étroites que les valeurs individuelles elles-mêmes ; qu'il n'y a guère de chances en effet que les cinq pièces entre lesquelles on fait la moyenne soient justement les cinq plus petites ou les cinq plus grandes de l'ensemble. Les règles statistiques précisent cette notion en indiquant qu'une moyenne de  $n$  pièces variera dans un intervalle  $\sqrt{n}$  fois plus étroit que la valeur des pièces elles-mêmes. La connaissance

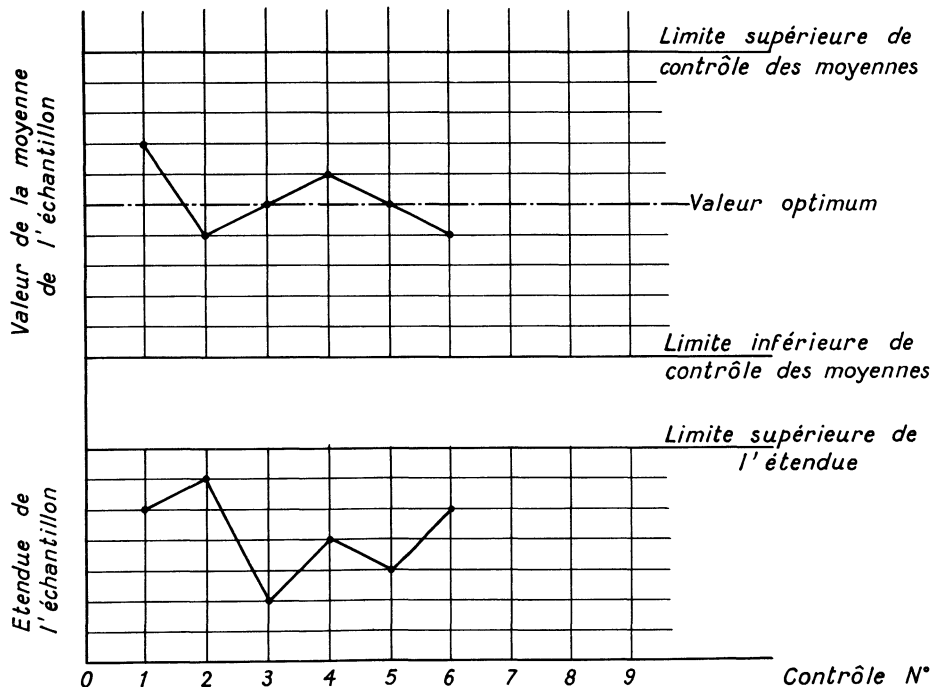
de cette règle et celle de la courbe de répartition des pièces produites permettront ainsi au régleur d'effectuer son travail très rapidement dans des conditions satisfaisantes.

Un exemple typique a été fourni en 1951 à l'occasion de l'exposition biennale des machines outils. Au cours d'une démonstration, les régleurs désireux de trop bien faire modifiaient constamment leur réglage et aboutissaient en définitive à des variations de cotes 2 à 3 fois plus importantes que celles qu'ils ont obtenues ensuite, lorsqu'au bout de quelques jours on leur fit appliquer les méthodes de contrôle statistique (1).

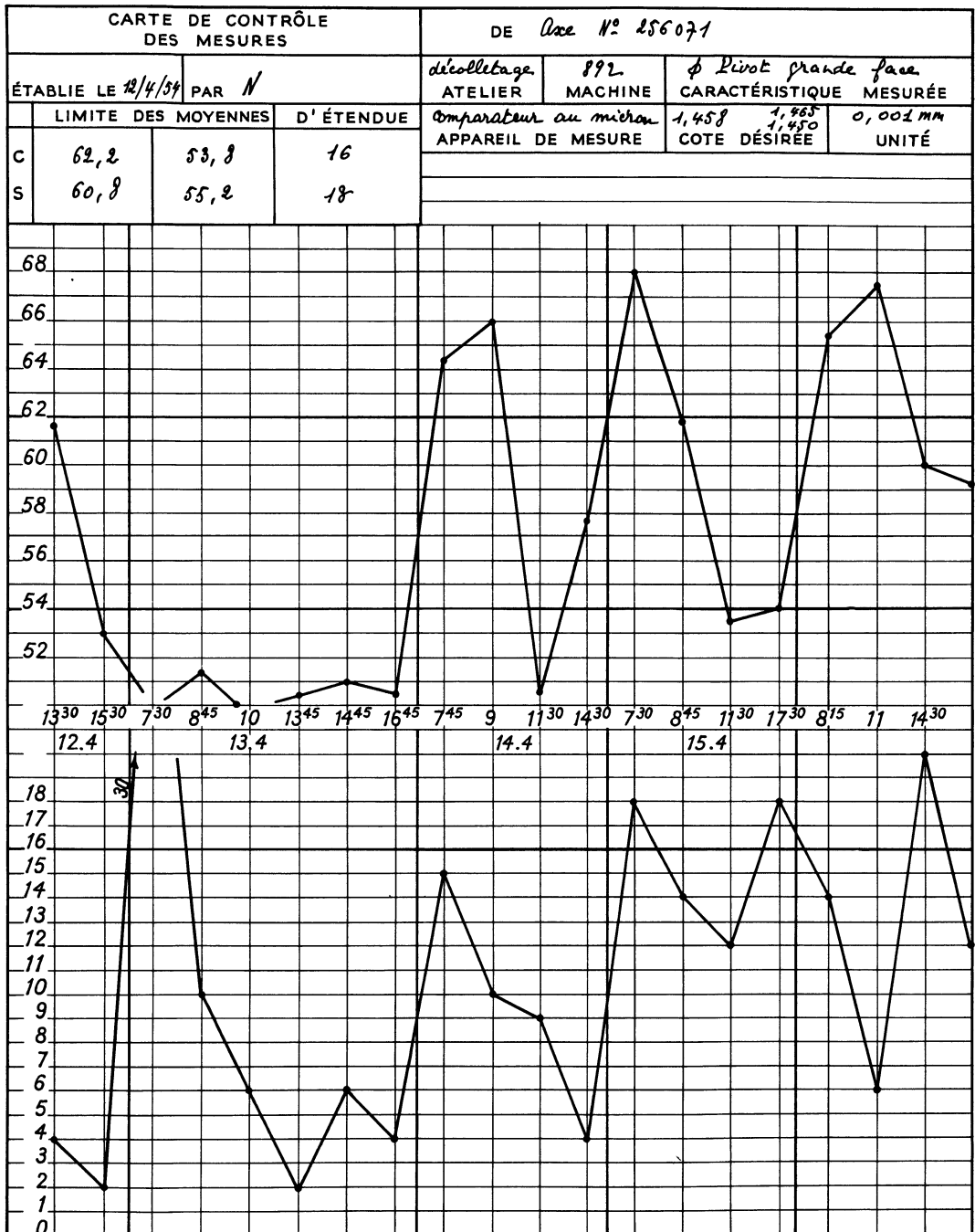
## DIMINUTION DU POURCENTAGE DE REBUTS

L'existence de limites relativement serrées entre lesquelles peuvent varier du seul fait du hasard les moyennes des dimensions d'un groupe de quelques pièces, disons cinq, permet l'établissement du graphique de contrôle que l'on peut considérer comme le document essentiel du contrôle statistique de qualité. (fig 2).

Sur ce document sont tracées habituellement trois droites horizontales. Deux d'entre elles sont intitulées limite inférieure et limite supérieure de contrôle de la moyenne. Tant que la valeur moyenne des dimensions des quelques pièces constituant l'échantillon tombe à l'intérieur de ces lignes, à quelque place que ce soit, l'on est en droit de supposer que seul le hasard a fait différer cette valeur de la valeur optimum. Dès que l'on trouve une valeur extérieure à ces limites au contraire, l'on peut affirmer avec une très grande probabilité, on pourrait dire avec certitude, que ce n'est pas le fait du hasard, mais qu'il existe une cause à laquelle il y a sans doute lieu de remédier à l'origine de la différence séparant la valeur moyenne trouvée de celle souhaitée. C'est en général un dérèglement de la machine ou, s'il s'agit de pesées, une erreur de tare.



(1)- Cette expérience a été décrite en détail par M. Mothes dans la Revue de Statistique Appliquée (1953 N° 1)



La troisième droite habituellement tracée sur le graphique est la limite supérieure d'étendue de l'échantillon. On nomme étendue de l'échantillon la différence qui sépare dans l'échantillon prélevé la plus grande pièce de la plus petite. On conçoit aisément que pour une répartition donnée, c'est-à-dire pour une courbe de Gauss déterminée, il soit possible de fixer une valeur maximum à cette étendue. Chaque fois que cette valeur sera dépassée, on pourra affirmer que ce n'est pas un fait du hasard, mais que cela caractérise une courbe de répartition différente de celle prise en considération jusqu'à présent, en général une courbe plus étalée.

Cette description du graphique de contrôle suffit pour montrer au lecteur le double intérêt du contrôle statistique ; d'une part, permettra au contrôle de distinguer d'une façon pratiquement certaine les anomalies d'une importance suffisante pour justifier son intervention de celles plus minimales explicables par le hasard de l'échantillonnage ; d'autre part, d'orienter les services techniques dans leur recherche des causes de l'anomalie par l'indication de l'élément hors contrôle, étendue ou moyenne de l'échantillon.

Les figures numéro 3 et 4 reproduisent le graphique de contrôle d'un tour à décolleter de haute précision au cours de sa première semaine de mise sous contrôle et un mois après. L'examen du resserrement progressif du graphique des moyennes se passe de tout commentaire. Si ce n'est néanmoins le fait à rappeler qu'il s'agit là de moyennes de cinq pièces et que par conséquent les oscillations des valeurs des pièces elles-mêmes étaient beaucoup plus importantes.

Sur un autre tour du même atelier, (2) on a constaté que la plupart des échantillons donnaient satisfaction, mais qu'un certain pourcentage d'entre eux sortait des limites de l'étendue alors que les moyennes étaient toujours respectées. On s'est alors rapidement aperçu qu'une came avait reçu un coup qui produisait un petit pourcentage de pièces largement hors tolérances. Ce pourcentage de pièces hors tolérances était toujours passé inaperçu lors des prélèvements pièce par pièce.

## **EFFET STIMULANT SUR LE PERSONNEL**

L'intérêt du graphique de contrôle n'est pas limité au cas du travail automatique ou même simplement mécanique. Son effet stimulant sur le personnel est très net et les résultats obtenus à l'occasion de travaux entièrement manuels sont parfois plus spectaculaires encore que ceux obtenus sur machines automatiques. C'est un fait assez curieux de constater que dans des activités manuelles très diverses, la précision d'un travail exécuté sous contrôle se situe presque toujours entre le double et le triple de la précision du même travail exécuté sans surveillance chiffrée de la qualité. Ce qui est naturel dans une certaine mesure au moins, lorsque le personnel est rémunéré en fonction de la quantité produite, mais se retrouve même à l'occasion de travaux payés à l'heure.

Nous citerons en exemple (3) le pourcentage de casse en faïencerie lors de manutention des pièces avant cuisson, stade où celles-ci sont particulièrement fragiles. Le contrôle statistique de la casse permet de réduire celle-ci, et par conséquent d'améliorer le prix de revient dans une proportion importante.

Un exemple non moins frappant (4) a été fourni par une opération de tri de plaques de verre que l'on devait classer par épaisseur dans des catégories d'amplitudes 5 microns. La qualité du travail a été tellement améliorée par la mise sous contrôle du personnel que certaines opérations qui devaient être parti-

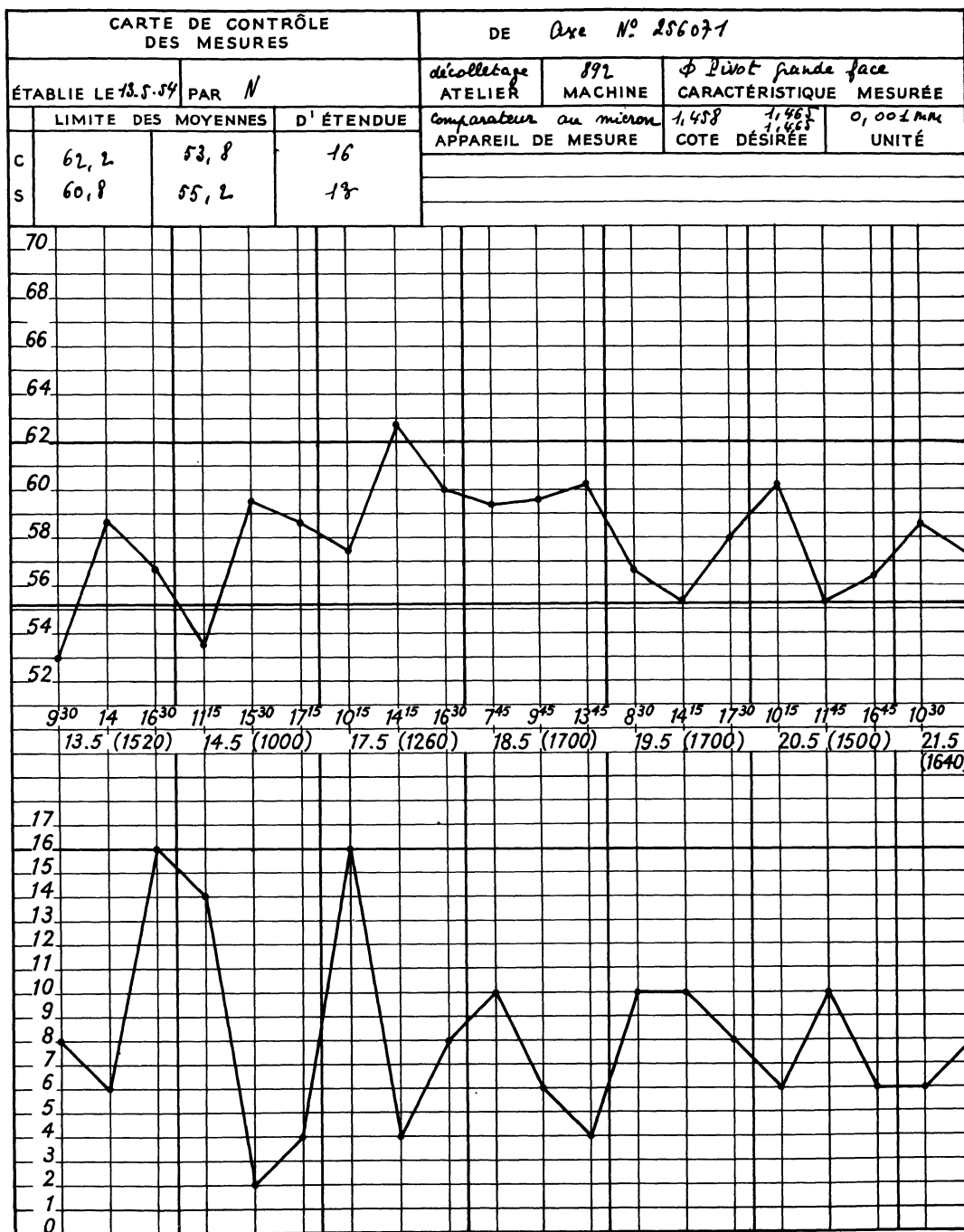
(2)- A la Société Jaz, 64 rue La Boétie à Paris.

(3)- Faïenceries de Gien.

(4)- Les exemples cités ci-dessus proviennent tous d'entreprises françaises qui ne se sont engagées que récemment dans l'application du contrôle de qualité et qui sont toutes actuellement en train d'étendre le champ d'application de ces méthodes.

Le lecteur comprendra aisément que certaines d'entre elles, tout en nous autorisant à citer les faits, nous aient demandé de ne pas publier leur nom.

Nous tenons à remercier ici toutes les entreprises qui nous ont autorisé à faire bénéficier le lecteur de leur expérience, mais plus particulièrement encore celles qui nous ont autorisés à les citer nominativement.



culièrement soignées et donnaient lieu précédemment à double tri, et parfois quand même à réclamation du client, ne sont plus maintenant effectuées qu'avec une seule opération de tri et sans qu'aucune réclamation du même client ait été reçue depuis la mise contrôle.

## **DÉTERMINATION DES RESPONSABILITÉS**

La différenciation du graphique de contrôle en étendues d'une part, moyennes de l'autre, ne permet pas seulement d'aider à découvrir les causes d'anomalies mécaniques, mais permet parfois aussi de situer les responsabilités de chacun dans un travail d'équipe. Prenons l'exemple (5) d'une fabrication qui consiste à enrouler sur des mandrins alternativement un certain nombre de feuilles de gomme et de tissus enduits, puis à découper les manchons ainsi constitués en 80 éléments qui doivent être aussi semblables que possible entre eux. Le respect de la valeur moyenne des pièces incombe entièrement à l'ouvrier qui confectionne le manchon et qui a la responsabilité de s'assurer au préalable que les divers éléments ont été fabriqués aux dimensions convenables. Au contraire, le respect des limites d'étendues incombe en pratique totalement à l'ouvrier chargé du découpage ; puisqu'un travail peu soigné de sa part aboutirait à la production de pièces différentes les unes des autres.

## **AMÉLIORATION DES ÉLÉMENTS**

Chaque fois qu'il est possible de mesurer ou de peser la grandeur essentielle d'un ou plusieurs éléments constitutifs d'un tout, le fait d'assurer le respect de la valeur optima de cette grandeur procurera à la fois une économie directe de matière en évitant les pièces trop grandes et une économie de déchets sur les produits finis en évitant les pièces intégralement mauvaises par la faute d'un seul élément incorrect.

Par exemple (5), la précision obtenue lors du découpage de feuilles de caoutchouc destinées à mouler des bottes était avant mise sous contrôle de + ou - 15 gr. La mise sous contrôle a permis d'assurer une précision de + ou - 5 gr. permettant en moyenne une économie de matière de plus de 10 gr. par pièce et diminuant en même temps de façon notable le pourcentage de pièces mauvaises pour insuffisance de matières.

Des améliorations sensibles ont de même été obtenues dans la fabrication de boîtes de conserves par la mise sous contrôle du découpage des tôles destinées au corps de la boîte.

D'une façon très générale, et même lorsque la production ne donne pas lieu à réclamations, il y a économie de matière à améliorer la précision d'une pesée ou d'une mesure. La condition à respecter par la fabrication se ramène en effet presque toujours à ce que l'ensemble des pièces produites soit au-dessus d'un certain minimum, et pour ce faire, la valeur moyenne doit être supérieure à ce minimum de la moitié de la dispersion. Toute réduction sur la dispersion entraîne ipso facto une réduction de la valeur moyenne à respecter et par conséquent une économie de matières.

Ce sera d'ailleurs parfois la mise sous contrôle d'une opération qui montrera la nécessité d'assurer la précision de l'opération précédente. Nous prendrons pour exemple l'étude (6) qui a été faite sur l'embranchement des deux extrémités d'un tube. Cette opération était faite sur une machine à quatre outils. L'étude de la dispersion des valeurs des embrèvements a montré que celle-ci était la même pour chacun des quatre outils, mais par contre très différente entre les deux extrémités des tubes. La précision était parfaitement satisfaisante pour l'embranchement de l'extrémité en butée et insuffisante pour l'autre. Il a alors été évident que l'opération à mettre en cause était le tronçonnage insuffisamment précis des tubes. Problème relativement facile à résoudre.

(5)- Etablissements Hutchinson, 2 rue Balzac à Paris

(6)- Etablissements Allinquant, 6 rue Olier, Paris



## LE CONTROLE STATISTIQUE - MOYEN D'ÉTUDES

Le terme même de contrôle statistique, traduction trop littérale et qu'il serait à notre sens préférable de remplacer par gestion statistique de la qualité cache souvent un aspect essentiel des services rendus à l'industrie par les méthodes statistiques, leur possibilités en tant que moyen d'études. Cette étude qui doit toujours être préalable à la mise sous contrôle à proprement parler s'avère souvent plus fructueuse encore que le contrôle proprement dit. Ce sont les conditions même de fonctionnement d'une machine ou d'un procédé qui peuvent être ainsi analysées.

Le fait de constater dans l'étude préliminaire que l'ensemble des valeurs mesurées suit ou ne suit pas une courbe de Gauss est en lui-même très instructif. Si la répartition n'est pas Gaussienne, on peut en conclure avec certitude qu'il existe une cause systématique empêchant les valeurs de se répartir selon la loi du hasard ; il est alors en général possible de trouver cette cause et s'il y a lieu, y remédier.

Si la répartition est Gaussienne, comme c'est le plus souvent le cas, les propriétés de la courbe de Gauss permettent de nombreuses conclusions souvent fort utiles.

Prenons par exemple la mise sous contrôle d'une opération automatique de mise en boîtes de paté. La doseuse, alimentée par une trémie située à l'étage supérieur, remplit les boîtes d'un poids déterminé à raison d'une par seconde. Ces boîtes sont ensuite fermées et serties automatiquement. Le fabricant doit livrer toujours un poids supérieur à un minimum garanti au client. Cette certitude sera obtenue avec un poids moyen de matière d'autant plus bas que la précision du dosage sera plus grande. L'analyse de cette précision par les méthodes statistiques a permis de montrer l'influence de la température du mélange introduit et celle du plus ou moins grand remplissage de la trémie. Il a été possible de fixer des consignes de travail résultant de cette étude, puis d'exercer à intervalle régulier un contrôle qui permet de déceler toute anomalie et d'y parer aussitôt. La précision du dosage, grâce à l'ensemble de ces mesures est passée de + ou - 4 gr. à + ou - 1 gr.

Les mêmes méthodes ont été appliquées à l'étude de la fabrication de plaques isolantes constituées par l'assemblage de feuilles élémentaires et leur moulage sous presse. Il est souhaitable de respecter une épaisseur aussi uniforme que possible : des insuffisances d'épaisseur présentent des inconvénients pour le client tandis que les excès de celle-ci représentent une grosse charge pour le prix de revient. Il a été possible de déterminer par les méthodes statistiques quelle régularité d'épaisseur il était possible ou non d'obtenir, quelle était l'influence de la composition des éléments sur celle-ci d'une part au centre, d'autre part au bord, et quelles étaient les consignes de pesée à faire respecter. Sur ce dernier point, on a découvert que les méthodes appliquées jusqu'alors étaient entachées d'une erreur systématique dont la cause était à la réflexion évidente mais qui était jusque là passée inaperçue.

## DÉTERMINATION DES POSSIBILITÉS D'UNE MACHINE OU D'UN PROCÉDÉ

La détermination chiffrée et objective des possibilités d'une machine ou d'un procédé est souvent fort intéressante.

En premier lieu pour le bureau d'études qui pourra fixer des tolérances sans risquer de se voir opposer l'impossibilité de les respecter.

Mais aussi très souvent pour les services techniques eux-mêmes.

Dans une fabrique de papier peint où les rouleaux sont vendus pour une longueur de 7,50 m, on s'est aperçu que la vraie longueur de ceux-ci pouvait varier en fait jusqu'aux valeurs extrêmes de 6,80 m et 8,40 m, alors que la machine à découper utilisée pouvait permettre de respecter une précision de + ou - 15 cm.

Dans une opération de tronçonnage de tubes, le service de chronométrage avait fixé à quelle vitesse la machine devait tourner pour les divers diamètres découpés, le personnel déclarait ne pouvoir assurer la précision voulue aux vitesses fixées. L'étude statistique a permis de démontrer que dans la plupart des cas, les consignes établies par le service du chronométrage étaient bonnes et d'en rectifier quelques-unes incorrectes. Notons à cette occasion le rôle du contrôle statistique comme arbitre objectif de l'éternel conflit quantité-qualité.

Dans le cas d'une batterie de trois tours automatiques (7) de même marque qui exécutaient le même travail, le personnel se rendait compte que l'un des trois tours ne permettait pas d'obtenir la même précision que les deux autres, du fait de son état général. Les régleurs ont été très surpris lorsque dès l'issue de l'étude statistique de leur tour, on leur a montré que les limites de contrôle relatives à ce tour avaient été calculées deux fois plus espacées que celles relatives aux deux autres machines.

Cette étude des possibilités réelles d'un procédé reste valable dans des opérations purement manuelles. Nous prendrons comme exemple la pesée sur balance Roberval de produits alimentaires mis en boîtes de conserve. (fig 5) L'imprécision de la pesée jointe à l'obligation de livrer à la clientèle au minimum le poids garanti oblige à respecter un poids moyen supérieur à ce minimum garanti. Dans l'exemple choisi on pesait en moyenne 325 gr. pour être sûr de livrer au client au moins 320 gr. Après mise sous contrôle, on a pu distinguer deux catégories d'ouvrières, les meilleures pesaient avec suffisamment de précision pour qu'on puisse leur demander de tarer à 321 gr. seulement et les moins bonnes qui n'arrivaient pas à respecter la même précision et auxquelles on donnait une tare de 325 gr. L'économie moyenne de 1 % était loin d'être négligeable.

## **DÉTERMINATION DE L'ÉTAT D'ENTRETIEN D'UNE MACHINE**

Permettant d'étudier les possibilités d'une machine, le graphique de contrôle statistique permettra évidemment en même temps d'étudier la variation de ses possibilités dans le temps autrement dit son état d'usure. Dans le cas des trois tours de même marque cités précédemment, la comparaison des performances de l'un deux avec les deux autres a incité à mettre l'appareil en révision. Dans de nombreux cas au contraire, c'est l'évolution du graphique de contrôle au cours des semaines qui permet de fixer d'une manière objective le moment où une révision présente le plus d'intérêt.

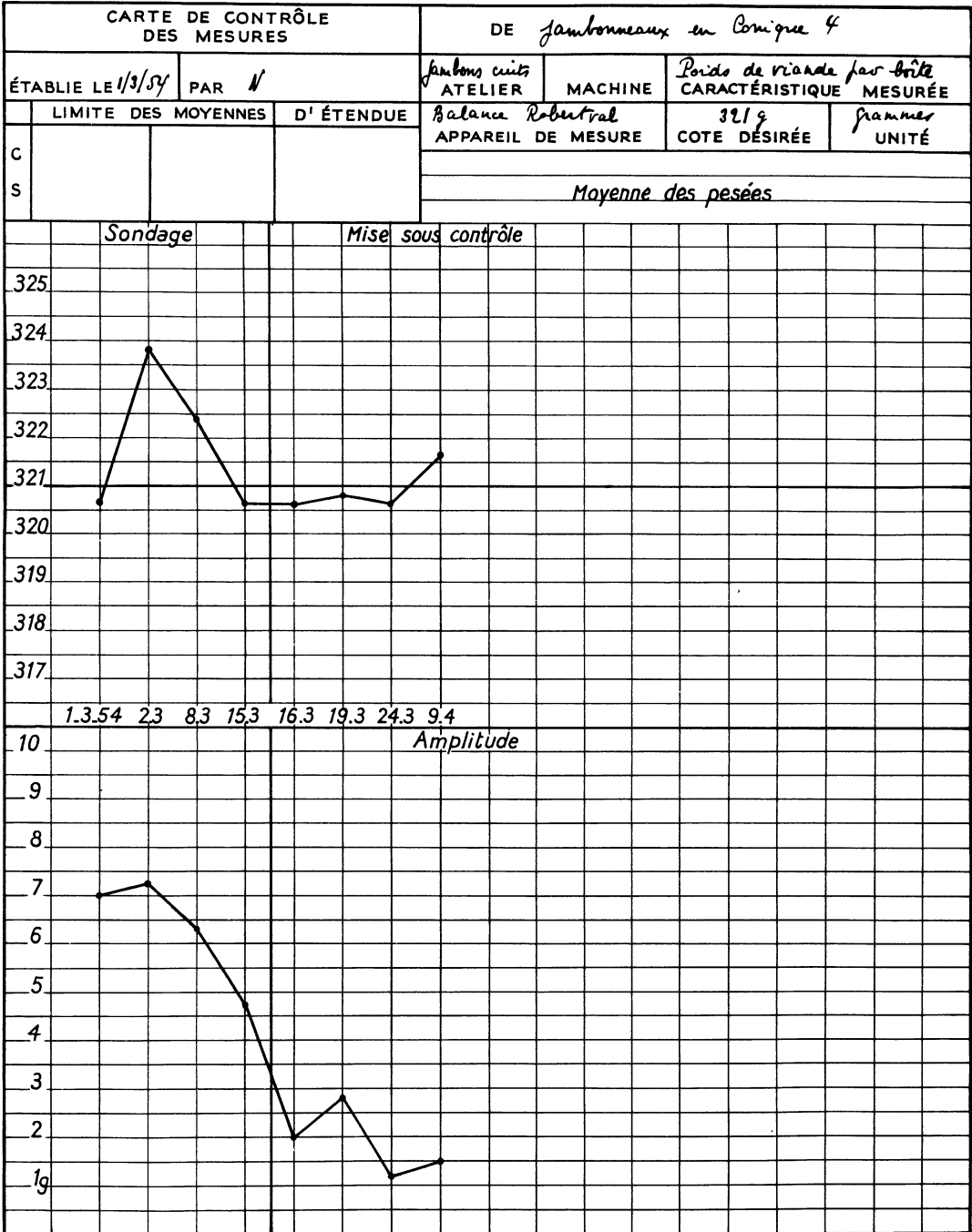
C'est le graphique de contrôle des étendues qui servira de base à cette étude. Lorsque la valeur moyenne de l'étendue augmente progressivement, c'est habituellement le signe d'une usure générale, tandis que lorsqu'au contraire cette étendue présente de temps à autre des valeurs anormales, c'est plutôt un signe de défectuosité se rapportant à une pièce, comme dans l'exemple de la came ayant reçu un coup que nous avons cité au début de cet article.

## **SUGGESTIONS D'AMÉLIORATIONS TECHNIQUES**

Il sera souvent possible au service technique d'utiliser les renseignements que donne le contrôle statistique sur le fonctionnement de la machine pour en déduire des améliorations d'ordre technique.

Dans le cas du tronçonnage de tubes cité un peu plus haut, on cherchait à améliorer la précision de ce tronçonnage en améliorant la précision du dispositif d'avancement du tube. L'étude statistique a montré que la dispersion des diverses génératrices d'un même tronçon était aussi grande que celle des longueurs moyennes des divers tronçons. Il en résultait qu'une amélioration de la perpendicularité de la coupe par rapport à l'axe du tube présentait autant d'importance que l'amélioration recherchée de la précision de l'avancement du tube.

(7)- cf note 2



## CONTRÔLE DE RÉCEPTION

Les mêmes principes du calcul statistique qui s'appliquent au contrôle en cours de fabrication, c'est-à-dire au jugement de la qualité d'un lot en cours de formation, sont utilisables pour juger d'une manière économique et rationnelle les lots constitués que sont, soit les ensembles soumis par un fournisseur à la réception de son client, soit les lots de pièces finies en instance de livraison à un client. Ce client pouvant d'ailleurs à l'occasion être un autre atelier ou une autre usine de la même entreprise.

On pourra parfois appliquer exactement les mêmes techniques que pour le contrôle en cours de fabrication; ce fut le cas par exemple (8) lors d'un contrôle de tôles pour sièges de soupapes. A la réception de chaque lot, on procédait à la frappe d'un certain nombre de sièges de soupapes et on lisait sur des tables calculées à l'avance si le nombre de pièces mauvaises trouvées dans l'échantillon ainsi préparé était caractéristique d'un défaut innacceptable du produit livré, devrait seulement suggérer quelques réclamations au fournisseur sans aller jusqu'au refus complet, ou au contraire permettait l'emploi pur et simple du produit.

Le plus souvent néanmoins, le problème posé par les contrôles de réception est d'une nature un peu différente du problème du contrôle en cours de fabrication et a donné lieu à des solutions qui lui sont propres.

Un contrôle par prélèvements a pour but d'obtenir une idée approximative de la valeur de l'ensemble d'un lot par la connaissance de la valeur exacte du prélèvement considéré. Plus le prélèvement est important, plus l'approximation est bonne; mais en même temps, plus l'examen est coûteux. On aura choisi la règle de prélèvement optimale lorsqu'on aura obtenu une précision susceptible de ne nuire ni aux intérêts essentiels du fournisseur, ni aux intérêts essentiels de l'acheteur sans trop élever le coût de contrôle. Ainsi apparaissent les deux données essentielles du problème: le risque de l'acheteur qui veut avoir une quasi certitude de ne pas accepter de lots trop mauvais, même si l'échantillonnage a été exceptionnellement heureux pour le fournisseur, et le risque du vendeur qui, même dans l'éventualité contraire ne doit pas se voir refuser un lot de bonne qualité.

Des tables ont été calculées, des courbes ont été tracées, fixant pour des risques d'acheteurs et des risques de vendeurs déterminés les règles de réception les plus économiques. Si le prélèvement effectué est satisfaisant en vertu de ces règles, l'ensemble du lot peut être accepté, tandis que dans le cas contraire, il doit être trié intégralement. Des tables différentes ont été calculées pour s'appliquer les unes au cas où l'on ne connaît rien du fournisseur, les autres au cas où la qualité moyenne de la fabrication est connue, les unes au cas où les objets ne peuvent être classés qu'en bons et mauvais, les autres au cas où ces objets peuvent être mesurés.

Les résultats obtenus par l'application de ces règles dans les entreprises industrielles sont assez diverses: parfois on obtient des économies substantielles de personnel tout en conservant un contrôle suffisamment efficace pour les besoins de la fabrication: d'autres fois au contraire, on s'aperçoit que les contrôles tels qu'ils sont pratiqués sont insuffisamment efficaces pour assurer un déroulement satisfaisant de la fabrication.

Dans les deux cas, l'emploi d'éléments chiffrés et objectifs se rapportant non à des règles arbitraires, mais aux véritables données du problème que sont le risque de l'acheteur et le risque du vendeur constitue un progrès et une source d'économie.

## DOMAINES D'APPLICATIONS

Le lecteur aura sans doute été frappé aussi bien par l'extrême diversité des industries citées que par la variété des services rendus par les méthodes statistiques. Encore ne faudrait-il pas considérer les cas évoqués comme représentant

---

(8)- cf note 6

une liste limitative. Il ne s'agit, au contraire, que de quelques faits caractéristiques tirés de l'expérience personnelle de l'auteur de cet article. On ne saurait toutefois faire des méthodes statistiques une panacée : elles ne peuvent tout résoudre, ni présenter un intérêt égal pour tous. Sont en particulier à exclure de leur domaine les industries à caractère strictement artisanal et à production unitaire, ainsi que celles où des procédés automatiques de contrôle complet de la production assurent une surveillance parfaite de la qualité.

Par contre, il faut éviter de se laisser abuser que le mot "statistique" et ne pas limiter le champ d'application de ces méthodes aux seules industries de très grande série.

Nous avons déjà montré que l'intérêt de ces méthodes est au moins aussi grand dans le cas des fabrications manuelles que dans celui des machines automatiques. Nous croyons utile de préciser que des entreprises où la fabrication ne donne lieu qu'à des courtes séries, mais à des séries se répétant dans le temps, par exemple tous les mois ou tous les trimestres, sont susceptibles de tirer un grand bénéfice de la carte de contrôle. Plus encore peut être que l'industrie travaillant d'une façon continue, puisque la carte de contrôle établie une fois pour toutes aidera non seulement au contrôle de l'exécution de l'opération, mais aussi du réglage et à la mise en route.

Parfois aussi, la même carte de contrôle sera utilisable pour des fabrications non identiques, mais seulement semblables. A l'occasion de la mise sous contrôle d'un opérations de calandrage de caoutchouc, (9) c'est-à-dire de laminage de cette matière entre deux cylindres, on a constaté par expérience qu'une fonction très simple de l'épaisseur de la feuille contrôlée permettait d'appliquer la même carte de contrôle quelque soit la nature du mélange ou l'épaisseur de la feuille calendrée.

L'idée générale qui constitue le lien entre des applications aussi diverses, celle qui peut permettre de discerner les cas où la solution d'un problème ressort ou non des méthodes statistiques, c'est le fait qu'il est en général inopportun de juger du comportement d'un ensemble par la somme des individus qui le constituent. Le comportement de cet ensemble est parfois différent de la simple somme des comportements de ses constituants ; comme cela a été remarqué depuis de nombreuses années déjà en sociologie.

Mais même lorsqu'une telle sommation serait licite, elle constitue en général un procédé extrêmement long et par suite coûteux. Les méthodes statistiques ont été créées pour s'y substituer. Elles ont été au cours des cinquante dernières années un des éléments essentiels du progrès scientifique, en particulier dans le domaine de la physique ; il n'est pas étonnant qu'au fur et à mesure de l'évolution industrielle vers la production en série, leur utilité aux divers stades de la gestion de celle-ci se soit avérée grande. Il semble qu'il n'y ait pas besoin d'être grand prophète pour affirmer que les fructueux résultats obtenus au cours de la dernière décade seront suivis de développements actuellement insoupçonnés.

---

(9)- cf note 5