

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

RAMBACH

La statistique et la gestion de qualité

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 2 (1954), p. 7-21

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_2_7_0

© Société française de statistique, 1954, 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/>

LA STATISTIQUE ET LA GESTION DE QUALITÉ

par

M. RAMBACH

*Ancien élève de l'École Polytechnique,
Ingénieur aux Etablissements Hutchinson*

Dans le cadre des efforts faits par le « Centre de Formation des Ingénieurs et Cadres aux Applications Industrielles de la Statistique » pour intéresser les industriels et les ingénieurs aux applications de la statistique tant dans le domaine statistique que dans le domaine économique, divers cycles de conférences ont été organisés par le Centre.

On trouvera ci-après le texte d'une conférence d'initiation faite par M. Rambach au Centre de Perfectionnement Technique, le 10 mars 1954.

Volontairement dépouillée de tout appareil mathématique et limitée aux concepts fondamentaux, elle nous paraît susceptible d'intéresser et peut-être de convaincre ceux qui jusqu'à présent n'ont jeté qu'un coup d'œil distrait sur une Revue s'éloignant un peu de leurs préoccupations habituelles et de leurs techniques familières.

Ceux qui sont déjà familiarisés avec des techniques savantes trouveront sans doute matière à réflexion dans la conception élargie de ce que M. Rambach appelle « gestion de qualité » élargissant ainsi le sens restreint de la traduction française habituelle de l'expression « Quality Control ».

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Permettez-moi tout d'abord, Monsieur le Président, de vous remercier des paroles aimables que vous venez de prononcer au sujet du Centre de Formation aux Applications Industrielles de la Statistique, dont j'admire comme vous l'effort déjà très fructueux, et de celles, certainement trop flatteuses, à mon égard.

Permettez-moi, surtout, de vous remercier d'avoir bien voulu nous consacrer un peu de votre temps et marquer, par votre présence, l'intérêt que vous portez à nos efforts.

Vous venez d'insister, Monsieur le Président, sur les difficultés de l'adaptation de la Statistique en France, et c'est effectivement par des remarques de la même catégorie, que j'avais l'intention de commencer cette causerie, au cours de laquelle je voudrais essayer de mettre un terme à certains malentendus qui sont parfois à l'origine de l'insuffisance de l'extension du Contrôle Statistique en France.

Il y a bien peu d'années encore, le seul fait de voir grouper dans le titre d'une conférence les mots « statistique » et « qualité » aurait vivement surpris l'auditoire.

Aujourd'hui, et nous voulons voir là quand même le signe d'une évolution certaine, c'est seulement le fait d'entendre parler de « statistique » et de « qualité » sans employer les termes consacrés de « contrôle statistique de qualité », qui doit surprendre la plupart d'entre vous.

Ce n'est cependant pas par souci d'originalité que nous avons employé les termes « Gestion de la qualité par les méthodes statistiques » à la place de la terminologie consacrée. Le mot « contrôle » est en effet particulièrement inopportun, car s'il apparaît comme une traduction évidente du mot anglais « control », il n'en a malheureusement pas le même sens. La traduction anglaise du français contrôle est « inspection », alors que par contrôle les anglais entendent un groupe d'activités infiniment plus vaste que ce que nous-mêmes comprenons dans le contrôle.

Le « quality control » implique l'ensemble de la gestion de la qualité depuis l'étude des conditions de celle-ci jusqu'à éventuellement la rémunération du personnel qui y pourvoit, en passant, en particulier, par l'opération de contrôle.

C'est spécialement de ces 3 aspects de l'activité industrielle, relatifs à la qualité, que j'ai l'intention de vous parler aujourd'hui : l'étude de la qualité, son contrôle et sa rémunération. Et, au seul énoncé de tous ces titres, vous constaterez combien nous serons proches de l'ensemble des problèmes d'organisation générale.

L'idée d'utiliser les règles du calcul des probabilités et du calcul statistique à l'industrie n'est pas neuve. L'industriel qui produit en série entre, ipso facto, dans le domaine de la statistique, comme M. JOURDAIN faisait de la prose sans le savoir. Mais, de même que M. Jourdain n'appliquait pas à cette prose des règles grammaticales qu'il ignorait, de même l'industriel omet totalement d'utiliser les résultats qu'il pourrait tirer de la science statistique, non toujours qu'il les ignore, mais le plus souvent parce qu'il juge leur complexité trop grande par rapport aux bénéfices à en tirer.

Le fait nouveau réside dans l'existence d'un ensemble de règles qui, pour être tirées de lois mathématiques savantes, n'en est pas moins susceptible d'être appliqué d'une manière extrêmement simple.

J'ai eu l'occasion de suivre, aux Etats-Unis, un cours de Contrôle Statistique où nous étions 60 auditeurs, et parmi lesquels j'étais le seul français. Les professeurs étaient des spécialistes de l'analyse mathématique d'un niveau extrêmement élevé, certains mondialement connus. Parmi les élèves, plus de la moitié ignorait un logarithme. D'ailleurs la publicité adressée aux industriels, pour leur demander d'engager des auditeurs à ces cours, précisait que si une certaine culture mathématique n'était pas complètement inutile, il était plus important d'envoyer des élèves aptes à saisir le sens des idées nouvelles et à les appliquer avec fruit, que de savants mathématiciens.

Il existe bien, et Mademoiselle ULMO doit faire la semaine prochaine une conférence sur ce sujet, certaines applications de la statistique à l'industrie extrêmement fructueuses, qui demandent une culture mathématique élevée. Par contre, l'objet de notre causerie d'aujourd'hui pourrait être défini comme l'ensemble des applications de la science statistique à l'industrie codifiées sous une forme assez simple pour être appliquées sans nécessiter de la part de leurs utilisateurs de connaissances mathématiques particulières.

Cette simplicité d'application étant le seul facteur commun à des règles assez diverses, je vais être obligé, pour les exposer, de diviser mon sujet en deux :

— La première partie se rapportera à l'application des méthodes statistiques à l'examen des lots entiers déjà constitués et qu'il s'agit de juger : le plus souvent des objets reçus d'un fournisseur, quelquefois aussi des produits finis susceptibles d'être expédiés à la clientèle, ou même des lots de pièces en cours de fabrication et transmis par exemple d'un atelier à l'autre ;

— La seconde se rapportera au contrôle en cours de fabrication, c'est-à-dire à un ensemble de pièces en train de se constituer. Des prélèvements périodiques doivent alors permettre d'étudier la qualité de la fabrication et de contrôler le maintien de celle-ci.

A. — ESTIMATION DE LA QUALITÉ D'ENSEMBLES DÉJÀ CONSTITUÉS.

Le jugement d'un lot entier peut évidemment, c'est une vérité de La Palice, s'effectuer par l'examen intégral de chacune des pièces qui le constitue. Solution qui n'a pas seulement l'inconvénient d'être onéreuse, mais aussi de n'être pas aussi parfaite qu'il le semble à première vue. Elle comporte un risque d'erreur qui n'est souvent pas négligeable, je veux parler des erreurs de jugement faites par un contrôleur appelé à examiner successivement un très grand nombre de pièces.

Certains auteurs américains chiffrent à 85 % la certitude de jugement que donne le contrôle intégral. Sans oser avancer un chiffre aussi précis, alors que la valeur des résultats dépend évidemment et du genre de contrôle et de la qualité du contrôleur, nous avons cru bon de faire remarquer, dès l'abord, qu'entre le contrôle intégral où le risque d'erreur provient de la non infailibilité du contrôleur et le contrôle par sondage, où ce premier risque est diminué du fait de la moindre fatigue du contrôleur, mais où vient s'ajouter par contre le risque d'une certaine différence entre la composition du lot total et celle du groupe de pièces prélevées, la différence, lorsqu'elle existe, n'est qu'une question de degré. A condition, toutefois, que le sondage soit fait judicieusement, et c'est là que se présente la difficulté. Sur quelles bases déterminer le nombre de pièces à examiner et les règles précises d'acceptation ?

Les règles pratiques appliquées consistent en général ou bien à se fixer à l'avance le temps de contrôle que l'on veut ou peut consacrer à l'examen du lot, et à déterminer en conséquence le

nombre de pièces que l'on regardera, ou bien à examiner une fraction déterminée à l'avance de l'ensemble des pièces reçues et d'accepter ou de refuser le lot, en fonction de critères relatifs à cet échantillon.

Il semble, à première vue, que cette seconde méthode consistant en l'examen d'un certain pourcentage constant, quelle que soit l'importance du lot reçu, soit une formule scientifiquement raisonnable et assure à l'acheteur une sécurité à peu près constante, quelle que soit l'importance des livraisons. L'inexactitude de ce point de vue apparaît dans un raisonnement poussé à la limite, si l'on suppose que l'on prélève successivement 10 % des pièces d'un groupe de 10 pièces, puis d'un groupe d'un million de pièces. On se rend compte que le jugement du lot de 10 pièces, par l'examen d'une seule, court de grands risques d'être gravement entaché d'erreurs (on peut avoir prélevé la seule bonne pièce ou la seule mauvaise pièce du lot), alors que l'examen de 100.000 pièces sur un lot de un million représente un gaspillage d'effort absolument inutile. Le prélèvement de quelques milliers de pièces au hasard, disons 5.000, donnerait une idée pratiquement parfaite de la composition de l'ensemble du lot.

La règle mathématique à appliquer est exactement le contraire de ce que semble indiquer le seul bon sens.

La connaissance que l'on peut avoir de la composition d'un lot, à partir d'un ensemble de pièces échantillons, n'est fonction que de l'effectif de l'échantillon, c'est-à-dire que, pour juger un lot de 1.000 pièces ou un lot de 10.000 pièces avec la même précision, on devra, dans l'un et l'autre cas, prélever le même nombre de pièces. A la seule condition toutefois que l'effectif du lot soit grand par rapport à celui du prélèvement ; mais par grand, nous entendons, en pratique, seulement 5 à 10 fois plus important.

L'énoncé de cette règle, un peu surprenant à première vue, mais néanmoins confirmé par les mathématiques et l'expérience, pourrait amener à conclure que rien n'est plus simple que de fixer des règles de réception et qu'il suffira, pour chaque genre de pièces, de fixer un effectif de prélèvement absolument indépendant de la taille du lot lui-même.

Ce serait peut-être aller un peu vite en besogne. Les conséquences d'une erreur de jugement sont beaucoup plus graves si elles portent sur un lot important ; il est donc raisonnable de désirer connaître avec plus de précision un lot important qu'un plus petit et, par suite, de faire un prélèvement plus nombreux, mais en sachant que le but poursuivi par l'augmentation de l'effectif de l'échantillon est une meilleure connaissance de la composition du lot. Meilleure connaissance rendue en pratique, d'autant plus aisée, que si cette augmentation d'effectif est moindre que ne le voudrait la simple proportionnalité, on verra du même coup les frais unitaires de contrôle décroître quand l'effectif du lot soumis augmente.

Ce qu'il importe de retenir, c'est que toute augmentation du nombre de pièces échantillonnées correspond à une augmentation de précision dans la connaissance du lot.

B. — DÉFINITION DE L'EFFICACITÉ.

Ces termes de précision, celui de sécurité que j'ai employé un peu plus haut, méritent eux-mêmes d'être définis d'une manière nette et objective. Ce que l'on peut faire en prenant en considération la **courbe d'efficacité** qui se rattache à toute règle d'échantillonnage.

Chaque fois que l'on fixe une règle d'acceptation d'un lot, il en résulte que si un lot soumis se trouve à un niveau de qualité déterminé, il aura du même coup un certain pourcentage de chance d'être accepté et, naturellement, le pourcentage complémentaire de chance d'être refusé.

On peut tracer une courbe où seront portées à l'horizontale (en abscisse) les diverses qualités de lots susceptibles d'être soumis et à la verticale (en ordonnée) le pourcentage de chance d'acceptation se rapportant aux lots correspondants. La courbe ainsi obtenue sera dite courbe d'efficacité. La courbe d'efficacité correspondant à un examen intégral exécuté sans aucune erreur du contrôleur sera composée d'une droite horizontale représentant les 100 % de chances d'acceptation qu'auront les lots meilleurs que ceux de la qualité limitée adoptée, d'une droite verticale correspondant à cette qualité limite et, ensuite, d'une autre horizontale indiquant que les lots plus mauvais que ceux là n'auront plus que 0 % de chances d'être acceptés.

Dès que l'examen n'est plus un examen intégral, les hasards de l'échantillonnage peuvent amener à accepter un lot un peu plus mauvais que ce que l'on désirait accepter, ou refuser un lot un peu meilleur ; la courbe prend l'aspect de la courbe B de la figure 1. Plus l'effectif du prélèvement sera petit, plus la courbe d'efficacité ira en s'inclinant (courbe C). Si nous cherchons alors à interpréter le sens des courbes d'efficacité, nous constatons que deux zones sont particulièrement intéressées-

santes : celle où la courbe commence à descendre assez nettement en dessous des 100 % de chances d'acceptation et celle où la courbe se rapproche du 0 %.

Le niveau de qualité correspondant à la première zone représente le niveau de qualité à partir duquel un lot risque de ne pas être accepté, ce que l'on définit sous le nom de **risque du vendeur**. On définira souvent le risque du vendeur comme étant la qualité des lots qui ont 95 chances sur 100 d'être acceptés.

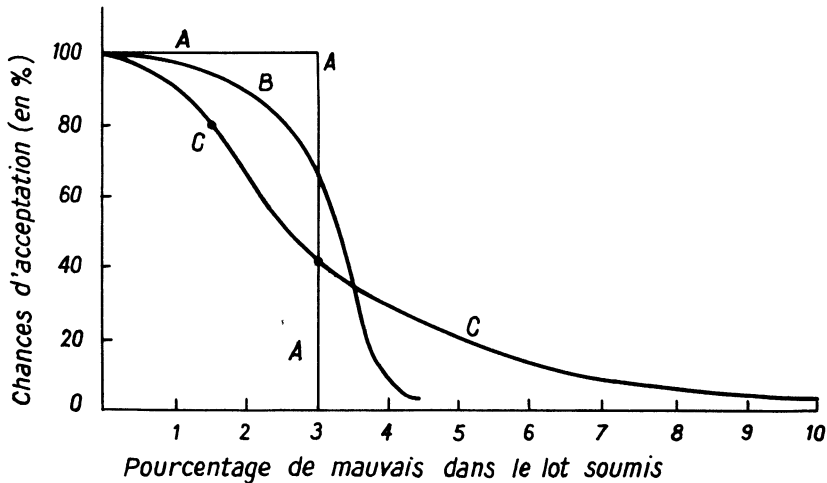


Fig. 1.

Le niveau de qualité qui correspond au point de la courbe voisin de 0 % de chance d'acceptation est celui que l'acheteur ne veut pas risquer d'accepter, c'est le **risque de l'acheteur**.

En général, on s'intéressera particulièrement à la qualité de lots qui correspond à 10 % de chances d'acceptation.

Il est évident, si l'on y réfléchit, que presque toujours ce sont ces deux notions : le risque de l'acheteur et le risque du vendeur qui présentent un intérêt pratique.

Toute règle rationnelle de réception devrait être établie à partir de ces deux éléments comme données, étant bien entendu que plus les qualités correspondant à ces deux risques seront proches, plus le contrôle sera efficace, mais plus il exigera en contre-partie de prélèvements nombreux et, par conséquent, plus il sera onéreux.

Le choix d'une règle de réception se présente donc chaque fois comme un compromis entre trois notions :

- Le risque du vendeur qui souhaite que les lots répondant aux normes aient un maximum de chances d'être acceptés ;
- Le risque de l'acheteur qui souhaite que les lots inférieurs aux normes aient un minimum de chances d'être acceptés ;
- Et le prix de revient du contrôle qui sera d'autant plus élevé que ces deux vœux seront mieux respectés.

C. — RÈGLES D'ACCEPTATION.

Il a été établi aux Etats-Unis depuis la guerre, des tables de chiffres et des courbes qui permettent, en fonction de la sécurité que l'on désire avoir, c'est-à-dire pour respecter des risques d'acheteur et de vendeur fixés à l'avance, de choisir la méthode d'échantillonnage la plus économique, celle qui donnera le moins de travail. Diverses tables ont été établies afin de permettre l'exécution du minimum de travail, compte tenu des conditions dans lesquelles se présente le problème c'est-à-dire de la connaissance plus ou moins précise de telle ou telle donnée.

Lorsque l'on désire juger un lot produit par ses propres ateliers, la connaissance que l'on a du niveau moyen de qualité habituellement atteint permet de préciser mieux la règle d'échantillonnage, la plus avantageuse. Des tables ont été établies qui tiennent compte de la connaissance de cette

qualité moyenne, ce sont les tables de DODGE et ROMIG (1). Ces tables tiennent compte de la taille du lot, du niveau de qualité que l'on désire obtenir et de la qualité moyenne de la production.

D'autres tables, d'application beaucoup plus générale (2), ont été calculées à l'Université de COLUMBIA. Elles ne préjugent d'aucune hypothèse sur la qualité des lots soumis et ont servi de base au calcul des règles d'acceptation appliquées par l'Armée, la Marine et l'Aviation américaines, règles qui ont été par la suite adoptées, dans leurs cahiers des charges, par de nombreuses entreprises privées.

On trouve dans ces tables (3), pour divers effectifs d'échantillons, et pour divers « risques du fournisseur », (c'est-à-dire niveau de qualité ayant 95 chances sur 100 d'être accepté), les règles d'acceptation et les courbes d'efficacité correspondantes, courbes sur lesquelles on peut lire en particulier le risque de l'acheteur, c'est-à-dire jusqu'à quel niveau de qualité on risque d'accepter certains lots.

Je viens d'employer les mots « accepter » et « refuser ». En réalité, les règles de réception sont les suivantes : ou bien l'échantillon permet d'accepter le lot, ou bien le lot est soumis à un tri intégral.

Ces tables ont été calculées pour que le travail total d'examen des lots qui seront acceptés et du tri intégral de ceux qui ne le seront pas représente un minimum.

Leur emploi est prévu par l'Armée américaine pour des lots de toutes tailles, puisqu'une catégorie extrême tient compte des lots de 2 à 8 pièces, tandis qu'à la limite opposée, un autre genre d'examen est prévu pour les lots de plus de 550.000 pièces, toutes les catégories intermédiaires existant naturellement. A titre d'exemple, je vais vous demander de regarder 3 courbes d'efficacité qui correspondent à des risques à peu près égaux pour le vendeur, mais à des prélèvements d'importance différente.

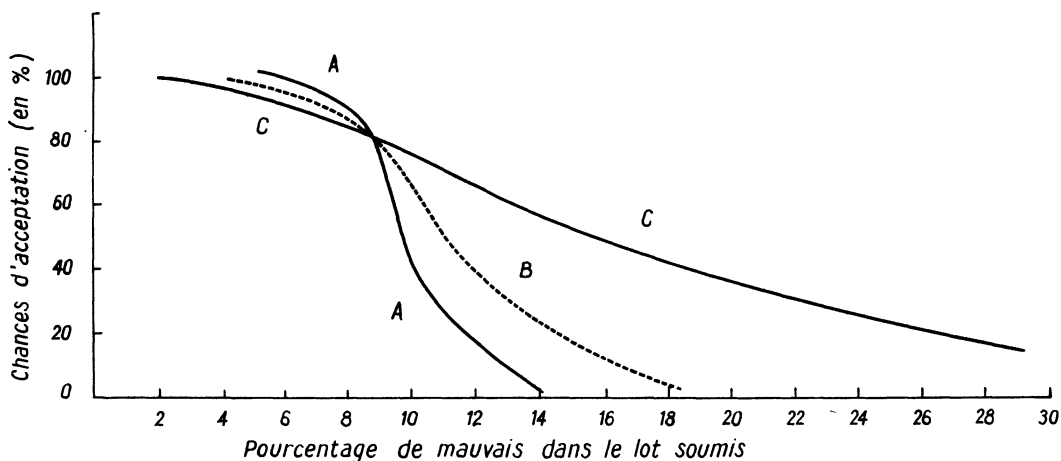


Fig. 2.

Les courbes soumiées, correspondent aux risques du vendeur suivant : les lots ayant 6,5 % de pièces mauvaises, n'ont que 5 chances sur 100 d'être refusées.

Vous constaterez sur la figure 2 que, comme il fallait s'y attendre, les courbes sont d'autant plus inclinées que l'effectif prélevé est petit. La courbe B correspond à un prélèvement de 110 pièces. On y lit qu'un lot comportant 16 % de pièces mauvaises a encore 10 chances sur 100 d'être accepté.

Si on prélève 450 pièces (courbe A), c'est le lot contenant 12 % de pièces mauvaises qui a 10 chances sur 100 d'être accepté, tandis que celui qui comporte 16 % de pièces mauvaises n'en a presque plus aucune. Le lot sera alors jugé avec plus de précision, le risque de l'acheteur sera diminué, mais le coût du contrôle plus élevé.

Par contre, si on regarde la courbe C qui correspond à un prélèvement de 15 pièces, on y constate que les lots contenant 32 % de pièces mauvaises ont encore 10 % de chance d'être acceptés. Un tel échantillonnage sera à la fois peu onéreux et peu efficace.

(1) « Sampling inspections tables ». John Wiley, New-York et Chapman Hill, Londres.

(2) Sampling Inspection by Statistical research group of Columbia University - Mc. Graw Hill.

(3) Military Standard Sampling Procedures and Tables for Inspection by attributes MIL. STD. 105 A.

J'ai fait remarquer précédemment que les règles de contrôle étaient parfois fixées en fonction des seules possibilités de contrôle dont on disposait. Il est intéressant dans ce cas d'utiliser les graphiques à l'envers, si je puis dire, c'est-à-dire s'étant donné à l'avance le nombre de pièces que les circonstances permettent de contrôler, en déduire l'efficacité du contrôle effectué. Cette connaissance réserve parfois bien des surprises.

D. — ÉCHANTILLONNAGES MULTIPLES.

Les tables en question ne prévoient pas seulement l'échantillonnage simple, c'est-à-dire le prélèvement d'une certaine quantité à partir de laquelle sera toujours prise une décision, soit l'acceptation, soit le refus, mais aussi l'échantillonnage double et l'échantillonnage multiple. L'échantillonnage double consiste à examiner un nombre de pièces relativement restreint, accepter ou rejeter le lot si le nombre de pièces mauvaises trouvées est très bas ou très élevé, mais, dans le cas intermédiaire, effectuer un second prélèvement, en général plus important que le premier et déduire du résultat de l'ensemble des deux prélèvements, si le lot doit être accepté ou refusé.

Pour avoir une même efficacité que l'échantillonnage simple, l'échantillonnage double devra comporter un premier prélèvement plus faible que dans le cas de l'échantillonnage simple, mais un second prélèvement important. De sorte que lorsque la décision pourra être prise, dès l'issue du premier prélèvement, l'échantillonnage double aura représenté un gain de temps par rapport à l'échantillonnage simple, tandis que lorsque l'on sera tombé dans le cas de l'incertitude et que l'on aura été amené à effectuer le deuxième prélèvement, le résultat sera contraire.

On aura donc intérêt à utiliser l'échantillonnage double lorsque l'on s'attend à recevoir de nombreux lots extrêmes, c'est-à-dire très bons ou très mauvais, et à utiliser l'échantillonnage simple chaque fois que l'on s'attend à de nombreux lots de qualité moyenne, impliquant le risque d'avoir dans l'échantillonnage double à recourir trop souvent au deuxième prélèvement. L'échantillonnage multiple n'est qu'une généralisation de l'idée de l'échantillonnage double. Sept prélèvements successifs sont prévus avec chacun une zone d'incertitude possible de plus en plus étroite ; à l'issue du 7^e prélèvement, dans tous les cas l'incertitude est levée.

Pour fixer les idées, j'indiquerai, à titre d'exemple, que là où les règles d'échantillonnage simple demandent de prélever 110 pièces, l'échantillonnage double prévoit un prélèvement initial de 75 pièces, complété éventuellement d'un second prélèvement de 150 pièces, tandis que l'échantillonnage multiple prévoit un premier prélèvement de 30 pièces, complété éventuellement de 6 prélèvements successifs de chacun 30 pièces.

Avant de passer à un autre sujet, je voudrais préciser que les tables militaires en question sont prévues jusqu'à un pourcentage de 1000 % de pièces mauvaises, parce que les tables peuvent être utilisées pour un contrôle en nombre de défauts, et qu'à ce moment, sur des ensembles importants, chaque pièce peut comporter un assez grand nombre de défauts. D'où l'utilité de prévoir jusqu'au pourcentage de 1000 %.

E. — INTERVALLES DE CONFIANCE.

Le jugement d'un lot entier peut poser un problème d'un caractère un peu différent de ce qui vient d'être exposé. Nous venons d'examiner des règles d'échantillonnage se référant à des pièces ou des groupes de pièces régulièrement approvisionnés, mais il peut se faire inversement que, connaissant le résultat d'un échantillonnage déterminé, et en toute indépendance d'autre résultat, on désire savoir ce que l'on est en droit de conclure sur les caractères du lot correspondant. Par exemple, si l'on désire faire élever une protestation auprès d'un fournisseur, savoir quelle est la valeur exacte de l'image du lot que donne l'échantillonnage. Il est aisé de concevoir que si l'on a trouvé un certain pourcentage de défauts dans un prélèvement, le pourcentage de défauts du lot lui-même peut en différer, mais pas au delà d'une certaine limite.

Le bon sens même indique, avant tout calcul, que cette différence sera d'autant plus faible que les effectifs du prélèvement auront été plus importants. Je tiens à rappeler d'ailleurs une notion sur laquelle j'ai insisté en commençant : c'est en l'occurrence le nombre de pièces de l'échantillon et non pas le rapport de celui-ci au nombre de pièces du lot qui importe pour fixer ses limites. Si donc, dans un prélèvement donné, on a trouvé un certain pourcentage de pièces mauvaises, on doit pouvoir calculer entre quel et quel pourcentage de pièces mauvaises se situe la valeur du lot.

Cet intervalle étant connu avec une certaine probabilité, plus on désirera connaître cet intervalle avec une grande probabilité, disons avec une grande certitude, plus on sera obligé de lui donner

des limites larges. Me tenant toujours à un prélèvement d'importance déterminée, et en supposant successivement que ce prélèvement ait présenté toutes sortes de pourcentages de pièces mauvaises, on peut associer à chacun de ces pourcentages une limite supérieure et inférieure entre lesquelles doit se trouver la vraie valeur du lot.

Sur un graphique où seront portées en abscisse le pourcentage de pièces mauvaises du lot et en ordonnée le pourcentage de pièces mauvaises de l'échantillon, ces deux séries de points décriront deux courbes entre lesquelles se trouvera ce que l'on appelle l'**intervalle de confiance**. Lorsque l'on aura trouvé dans un échantillon un certain pourcentage de pièces mauvaises, il suffira de tracer sur ce graphique, une horizontale ayant ce pourcentage pour ordonnée. Elle rencontrera les deux courbes en deux points dont les abscisses représentent les limites de l'intervalle à l'intérieur duquel se trouve la qualité du lot examiné. Ces courbes sont habituellement tracées soit pour fixer un intervalle dans lequel la qualité en question a 19 chances sur 20 de se trouver, soit pour fixer un intervalle où la même qualité a 99,8 %, de chances d'être située.

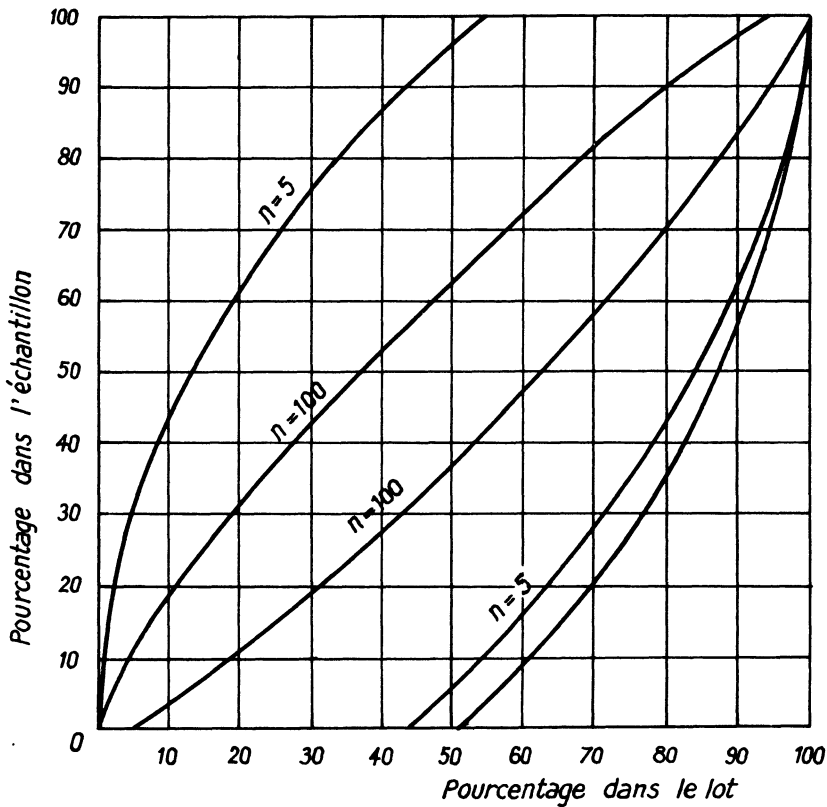


Fig. 3. — Probabilité 95 100

Afin de vous permettre de comprendre l'importance de l'effectif du prélèvement et l'influence du degré de sécurité cherché, je vais vous montrer les courbes d'intervalle de confiance dans les cas de prélèvement de 5 et de 100 pièces avec probabilité de 19 chances sur 20 d'une part (figure 3), avec la probabilité de 998 chances sur 1000 d'autre part (figure 4). On y lit par exemple que si un prélèvement de 5 pièces a présenté une pièce mauvaise, c'est-à-dire 20 %, on peut seulement affirmer (figure 4) que le pourcentage de pièces mauvaises compris dans le lot est situé entre 0 et 70. Si cela avait été au contraire dans un échantillon de 100 pièces que nous ayons trouvé 20 % de mauvaises, nous aurions pu situer entre 12 et 35 %, le pourcentage de pièces contenues dans le lot.

Ce genre d'estimation permet des applications assez diverses, en particulier il facilite la prise de position vis-à-vis d'un fournisseur qui semble avoir livré un lot de qualité insuffisante, puisqu'il permet sur un simple échantillonnage de fixer des limites entre lesquelles on peut situer avec une bonne probabilité la qualité réelle du lot.

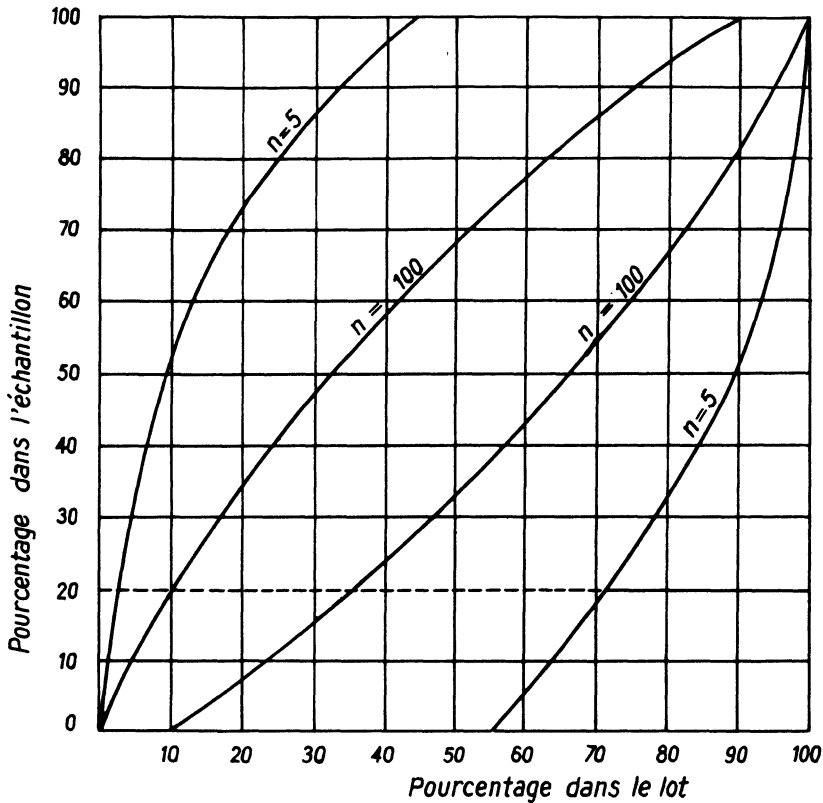


Fig. 4. — Probabilité 998/1000.

L'emploi de ces courbes, cependant, ne peut guère constituer la base d'un système de réception comme peuvent le faire un réseau de courbes d'efficacité ou de tables telles que celles évoquées précédemment, c'est pourquoi je n'insisterai pas plus longuement à leur sujet et passerai tout de suite au contrôle en cours de fabrication.

F. — CONTRÔLE EN COURS DE FABRICATION.

Si l'application des méthodes statistiques à la réception des matières a représenté un très gros progrès pour les administrations officielles en leur donnant des bases rationnelles économiques et sûres, si l'application des mêmes principes est d'une utilité non négligeable pour l'industrie privée, il n'en reste pas moins qu'en se plaçant d'un point de vue d'ensemble, de l'économie, on doit considérer qu'il est plus important encore d'avoir le moyen de produire de bonne qualité, plutôt que de constater si la production est bonne ou mauvaise. Tel est l'objectif du contrôle en cours de fabrication.

Le contrôle statistique en cours de fabrication, qu'il s'agisse de la fonction contrôle à proprement parler, de l'étude de la qualité et du réglage d'une machine ou de toute autre activité, procède par prélèvement d'échantillons d'un nombre de pièces limité et par estimation de la qualité à partir de ces échantillons.

Ces prélèvements sont souvent effectués à intervalles de temps réguliers et, s'il était facile de concevoir au moment de l'étude des problèmes de réception que les lois du hasard s'appliquaient à des échantillons constitués de pièces prélevées au hasard, il peut paraître étonnant d'appliquer ces mêmes lois à des échantillons prélevés selon une règle déterminée : disons par exemple 5 pièces toutes les heures. Je voudrais justifier cette attitude avant de décrire les méthodes utilisées.

La science statistique est une science à base concrète s'appliquant à des faits, et il faut soigneusement définir à quel genre de faits elle peut s'appliquer. Du point de vue statistique, on considère qu'on peut appliquer les lois du hasard à un phénomène chaque fois que les causes apparemment identiques produisent des résultats différents. Ce qui est bien le cas, lorsque dans un lot de pièces supposées identiques et soigneusement mélangées, je prélève au hasard un certain nombre de pièces,

mais ce qui est le cas aussi lorsque dans une production qui devrait être régulière, qu'il s'agisse d'un travail exécuté à la main ou à la machine, peu importe, je prélève un certain nombre de pièces selon une règle qui ne m'oriente pas systématiquement vers le choix des meilleures ou des moins bonnes, ou plus exactement, en appliquant une règle absolument indépendante de la qualité du produit.

On a été plus loin en disant que le hasard devait être soigneusement organisé. Dans le langage vulgaire on confondra au hasard et au petit bonheur, c'est-à-dire n'importe comment. En prélevant des objets au petit bonheur, on risque d'être conduit par une cause systématique à un prélèvement qui ne sera pas au hasard : par exemple, si l'on prélève au petit bonheur des cerises au-dessus du panier d'un épicier, on risque fort de n'avoir que les meilleures, alors qu'en fixant certaines règles de prélèvement, on obtiendra un échantillonnage se comportant comme s'il avait été choisi rigoureusement au hasard et, par conséquent, auquel les lois du hasard s'appliquent.

Ceci étant, je suis encore obligé de distinguer 2 cas pour l'application des méthodes de contrôle en cours de fabrication :

- Celui où il est possible de mesurer la grandeur à laquelle on s'intéresse ;
- Et celui où cette mesure n'est pas possible et où les pièces peuvent seulement être classées en bonnes et mauvaises, étant bien entendu que l'on classera dans cette deuxième catégorie les pièces où la mesure, sans être tout à fait impossible, serait tellement plus longue que le classement en bonne et mauvaise, qu'en se plaçant d'un point de vue économique, on doit la considérer comme impraticable ; c'est le cas de beaucoup de vérifications mécaniques où la mesure sera difficile et le passage au calibre extrêmement rapide.

G. — CONTROLE AUX PIÈCES BONNES.

Lorsque le contrôle ne peut se faire qu'aux pièces bonnes ou mauvaises, l'intervention du contrôle statistique consiste à établir un lien entre le nombre de pièces prélevées, le pourcentage normal de défauts dans la fabrication, et le nombre de défauts que l'on est en droit de s'attendre à trouver dans l'échantillon.

Je m'explique : supposons une fabrication donnant normalement 3 % de pièces mauvaises et sur laquelle on prélève un lot de 100 pièces, il n'y aura évidemment pas lieu de s'étonner de trouver dans ce lot 3 pièces mauvaises, mais il n'y aurait pas beaucoup plus lieu de s'étonner d'en trouver 2 ou 4, alors qu'il y aurait lieu d'être stupéfait si l'on y rencontrait 25 pièces mauvaises. Entre 4 et 25 où est la limite ? Autrement dit, quel est le nombre de pièces mauvaises qui, rencontrées dans l'échantillon, permet d'affirmer que le lot lui-même ou la fabrication ne comptent pas le pourcentage de mauvais que l'on attendait ; ceci est extrêmement important, car il est désastreux, à tous points de vue, pour un service contrôle d'alerter une fabrication, de lui signaler que quelque chose ne va pas, alors que les résultats obtenus ne sont imputables qu'à une malchance dans l'échantillonnage, tandis qu'inversement, dès que l'on est sûr que ce n'est pas la malchance que l'on peut accuser, il est important de pouvoir en aviser la fabrication.

Il existe des formules mathématiques à partir desquelles on a établi des tables et des courbes indiquant pour chaque taille possible d'échantillon, et pour chaque pourcentage de pièces mauvaises de l'ensemble, quel était le nombre de défauts maximum que l'on risquerait de rencontrer dans l'échantillon avec une probabilité déterminée.

Il est bien évident que ce nombre augmente chaque fois que la probabilité que l'on se fixe augmente. Si l'on veut fixer un tel nombre avec une quasi-certitude de ne pas le dépasser, il devra être plus grand que si l'on fixe celui en dessous duquel on a 19 chances sur 20 de se trouver.

Je reprends l'exemple cité plus haut d'une production donnant normalement 3 % de pièces mauvaises et sur laquelle on prélève un échantillonnage de 100 pièces, on lira alors sur une courbe que l'on n'a pas plus d'une chance sur 40 de trouver plus de 6 pièces mauvaises dans l'échantillon et que l'on n'a pas plus d'une chance sur 1.000 d'y trouver plus de 9 pièces mauvaises.

L'application pratique à une opération de contrôle consistera à tracer sur un graphique deux horizontales, l'une à la cote 6, l'autre à la cote 9, de demander au contrôleur de tracer un point représentatif du nombre de défauts trouvés chaque fois qu'il a fait un prélèvement de 100 pièces. Tant que ce point est inférieur à la ligne horizontale 6, rien ne permet de penser que le procédé fonctionne d'une manière différente de celle prise en considération. On a trouvé autre chose que 3 défauts, simplement du fait du hasard. Si le point caractéristique était au-dessus de la ligne de la cote 9, on pourrait, au contraire, affirmer que le hasard n'ayant qu'une chance sur 1.000 d'en être responsable, on est pratiquement certain que le procédé fonctionne avec un pourcentage de défauts plus élevé que les 3 % pris pour base.

Si le point représentatif est fixé entre les deux lignes horizontales, il y a 39 chances sur 40 que le procédé fonctionne avec un pourcentage trop grand de défauts, il reste néanmoins 1 chance sur 40 que le nombre de défauts trouvé soit dû à une malchance d'échantillonnage et non le signe d'une défaillance du procédé.

La consigne donnée au contrôleur dans ce cas sera le plus souvent de prélever aussitôt un second échantillon. Si les résultats obtenus par ce second échantillon sont satisfaisants, on saura que c'est la malchance qu'il faudra accuser, tandis que si les résultats sont à nouveau mauvais, on aura un signe indiscutable d'une défaillance de fonctionnement. Une limite inférieure peut être fixée dans des conditions analogues dont le dépassement serait signe d'une amélioration certaine de fonctionnement. Elle est d'un intérêt moindre, d'autres règles statistiques permettant en général d'apercevoir cette amélioration avant tout dépassement de cette limite.

A cette occasion, je tiens à insister sur l'idée maîtresse du contrôle statistique en cours de fabrication, à savoir qu'il est indispensable de disposer de méthodes donnant au signal d'alerte du contrôle un caractère de certitude. Le fait de ne donner l'alerte à la fabrication que lorsque l'échantillonnage présente suffisamment de défauts pour que l'on soit sûr que cette alerte est justifiée, implique inévitablement que certaines défaillances ne sont pas vues par le contrôle. Plus les défaillances susceptibles d'échapper au contrôle seront minimales, plus celui-ci sera efficace ; mais s'il est important d'avoir un contrôle efficace, et dans ce domaine comme dans celui de la réception, l'efficacité sera liée à l'importance du prélèvement et par conséquent coûteuse, il est indispensable que les interventions du contrôle soient toujours justifiées, sous peine d'arrêts inopportuns de la fabrication et de perte d'autorité du service contrôle lui-même.

Le contrôle en cours de fabrication aux pièces bonnes et mauvaises peut donc se définir comme étant la détermination d'un intervalle entre lequel peuvent être situés les effectifs de pièces mauvaises rencontrés dans un échantillon, sans être significatif d'une anomalie de la fabrication, alors que l'existence d'un nombre de pièces mauvaises, extérieur à ces limites dans un seul échantillon est caractéristique d'une anomalie dans la fabrication.

Cette méthode de contrôle a pour champ principal d'application le contrôle au calibre et aussi le contrôle d'aspect. Elle s'applique souvent aux productions à très grande cadence, par exemple à la production de pièces par emboutissage. Elle est néanmoins sujette à de nombreuses variantes qui en permettent l'application dans des cas assez divers.

H. — CONTROLE AUX MESURES.

Le contrôle aux mesures, dont je vais vous parler maintenant, présente, pour des prélèvements d'importance égale, une efficacité sensiblement plus grande, mais c'est surtout en tant que moyen d'étude de la fabrication qu'il offre des avantages incomparables. C'est, à mon sens, la pièce maîtresse du contrôle statistique.

La base du contrôle aux mesures est la suivante : l'ensemble des pièces produites par un procédé présente toujours des grandeurs réparties en un certain intervalle, disons entre deux valeurs extrêmes. Pour connaître la valeur de la production, que des tolérances soient expressément prévues sur un plan ou qu'elles soient simplement souhaitables du point de vue de l'utilisateur, ou du point de vue de l'économie de matière pour le fabricant par exemple, c'est l'ensemble des deux données : valeur moyenne des mesures et intervalle séparant la plus grande de la plus petite, j'emploie tout de suite le mot « **dispersion** », qui importe.

Si l'on désire avoir des pièces comprises entre 8 et 12, il sera préférable d'avoir une valeur moyenne de 9, avec une dispersion de plus ou moins 1, plutôt que d'avoir la valeur parfaitement centrée de 10 avec une dispersion de plus ou moins 3. Lorsque l'on considère un lot d'un grand nombre de pièces, on peut tracer un graphique en portant en abscisse les diverses valeurs possibles des pièces et en ordonnée pour chacune de ces valeurs le nombre de pièces rencontrées.

Chaque fois qu'une cause systématique ne vient pas troubler les lois de la probabilité, on rencontre une courbe en forme de cloche dite courbe de GAUSS, qui jouit de propriétés très particulières. Je dis chaque fois que des circonstances particulières ne viendront pas troubler les lois du hasard et ces circonstances peuvent être de tous ordres, physiques par exemple : si la température de la machine ou du milieu s'élève progressivement et qu'ainsi par dilatation la grandeur mesurée augmente progressivement, ou bien d'ordre psychologique, si dans une opération de pesée d'une marchandise vendue à la clientèle, l'entrepreneur a recommandé au peseur de donner plutôt bon poids que pas assez. L'intérêt de cette courbe de GAUSS vient de ce que du fait de ses propriétés particulières, on pourra tirer des conclusions valables pour l'ensemble de la courbe, de la connaissance

d'un petit nombre de ses points, c'est-à-dire, dans la pratique, de la connaissance de la valeur d'un petit nombre de pièces.

Il est facile de concevoir que son intérêt soit grand, aussi bien au point de vue de l'étude même d'une fabrication, que de son contrôle ou de son réglage.

En pratique, le contrôle statistique consistera à prélever des échantillons de quelques pièces, le plus souvent 5, et à mesurer sur celles-ci : d'une part, la moyenne arithmétique des 5 valeurs trouvées, d'autre part, la différence arithmétique séparant la plus grande de la plus petite des 5, différence que l'on appellera habituellement l'**amplitude** ou mieux l'**étendue** de l'échantillon.

L'étendue d'un échantillon sera dans une certaine mesure liée à la dispersion de la courbe : plus les valeurs des pièces risquent d'être écartées les unes des autres, plus on a de chances dans un prélèvement de 5 pièces au hasard de trouver une grande étendue. Et si, dans un échantillon déterminé, le seul fait du hasard risque de grouper les 5 pièces au voisinage les unes des autres et, par conséquent, de diminuer l'étendue, par contre, si l'on prélève un assez grand nombre d'échantillons de 5 pièces et que l'on calcule leur étendue moyenne, on aura une très bonne mesure de la dispersion de la courbe. Cette connaissance aura été obtenue par des moyens arithmétiques extrêmement simples.

Quant à la moyenne des pièces de l'échantillon, des 5 pièces, elle sera aussi particulièrement intéressante à prendre en considération, du fait qu'une règle de base du calcul statistique est que lorsque l'on considère des valeurs réparties selon une courbe de GAUSS et ensuite des moyennes de groupes de n valeurs choisis chaque fois au hasard, ces moyennes de n valeurs présentent une dispersion \sqrt{n} fois plus faible que la dispersion des valeurs elles-mêmes.

Si l'on fait des moyennes de 5, la dispersion est $\sqrt{5}$ fois plus petite, c'est-à-dire 2,25 fois plus petite que celle des valeurs initiales.

Notre échantillon de 5 pièces nous donnera donc par sa moyenne une idée meilleure de la vraie valeur de la moyenne de l'ensemble de nos pièces que l'examen des valeurs isolées, alors que son étendue sera une assez bonne caractéristique de la dispersion de l'ensemble de nos valeurs.

En outre, la connaissance de la courbe de GAUSS et de son tracé permettra toutes sortes d'autres conclusions du fait de certaines de ses propriétés, tel par exemple le fait que si l'on connaît les limites extrêmes entre lesquelles se situent les valeurs, on sait du même coup que 95 % d'entre elles se situent dans les limites plus resserrées d'un tiers et que 70 % de ces valeurs sont dans des limites plus resserrées des deux tiers.

En fait, dans les opérations industrielles, l'ensemble des valeurs n'est presque jamais réparti selon une courbe de GAUSS rigoureuse et le résultat théorique ne s'applique presque jamais avec une rigueur mathématique, mais, en contrepartie, le plus souvent, pour ne pas dire presque toujours, la courbe de GAUSS représente une très bonne approximation de la réalité et les résultats théoriques énoncés s'appliquent avec une approximation très largement suffisante pour la pratique.

J. — LES PHASES D'UNE MISE SOUS CONTRÔLE.

Ces bases étant précisées sous une forme inévitablement sommaire, mais je l'espère suffisante, je vais vous faire examiner les différentes phases d'une mise sous contrôle.

La phase étude commence par le prélèvement de 50 à 100 mesures que l'on inscrit à la suite en 10 à 20 groupes de 5. On calcule l'étendue et la moyenne de chacun des groupes de 5, puis la moyenne des étendues ainsi trouvées, et la moyenne des moyennes.

Comme nous l'avons dit plus haut, la moyenne des étendues donne une très bonne idée de la dispersion de la courbe, tandis que la moyenne des moyennes, qui se trouve être une moyenne générale de 50 à 100 mesures, donne une bonne idée de la valeur moyenne de l'ensemble des pièces produites. On multiplie l'étendue moyenne par des coefficients numériques lus sur des tables, et dont je vous fait grâce, qui fixent des intervalles dans lesquels les étendues et les moyennes de groupes de 5 peuvent varier du fait du hasard, puis l'on examine si les 10 ou 20 moyennes et étendues de groupes de 5 que l'on vient de calculer se trouvent dans ces intervalles.

Si l'on constate que certaines d'entre elles ne s'y trouvent pas, on ne peut en tirer qu'une seule conclusion : que l'on n'a pas le droit d'appliquer le contrôle statistique. Cette conclusion est d'ailleurs elle-même fort intéressante en soi, car elle donne la certitude qu'il existe une cause systématique empêchant les lois du hasard, cause que l'on ignorait puisque l'on a cherché à les appliquer et qu'il sera presque toujours fort intéressant de rechercher.

Dans l'étude préalable à la mise sous contrôle d'une opération de décolletage de précision par exemple, on a trouvé une étendue moyenne de 2,5 alors que, pour certains groupes, l'étendue de l'échantillon atteignait 14, valeur qui n'était pas compatible avec les règles de la statistique. Le fait était d'autant plus surprenant que deux autres machines identiques fonctionnaient sans présenter à ce sujet la moindre anomalie. L'examen des cames de la machine a montré que celles-ci avaient reçu un coup et qu'un petit pourcentage de pièces largement hors tolérance était produit régulièrement et mêlé avec le reste de la fabrication. Seul le contrôle statistique a permis de déceler cette anomalie et d'y remédier.

Dans une opération de pesée de produits alimentaires, le personnel avait reçu mission de viser une certaine tare, mais de faire plutôt bon poids que mauvais, d'où là encore une dissymétrie dans les pesées qui était néfaste du point de vue du prix de revient et qui a été décelée dès la phase préparatoire de la mise sous contrôle.

Si on constate, au contraire, que les moyennes et les étendues rencontrées sont dans les limites fixées, le contrôle statistique, en tant que contrôle, consistera ultérieurement à s'assurer, à intervalles réguliers, que les moyennes et les étendues d'échantillons de 5 pièces se maintiennent dans ces limites (figure 5).

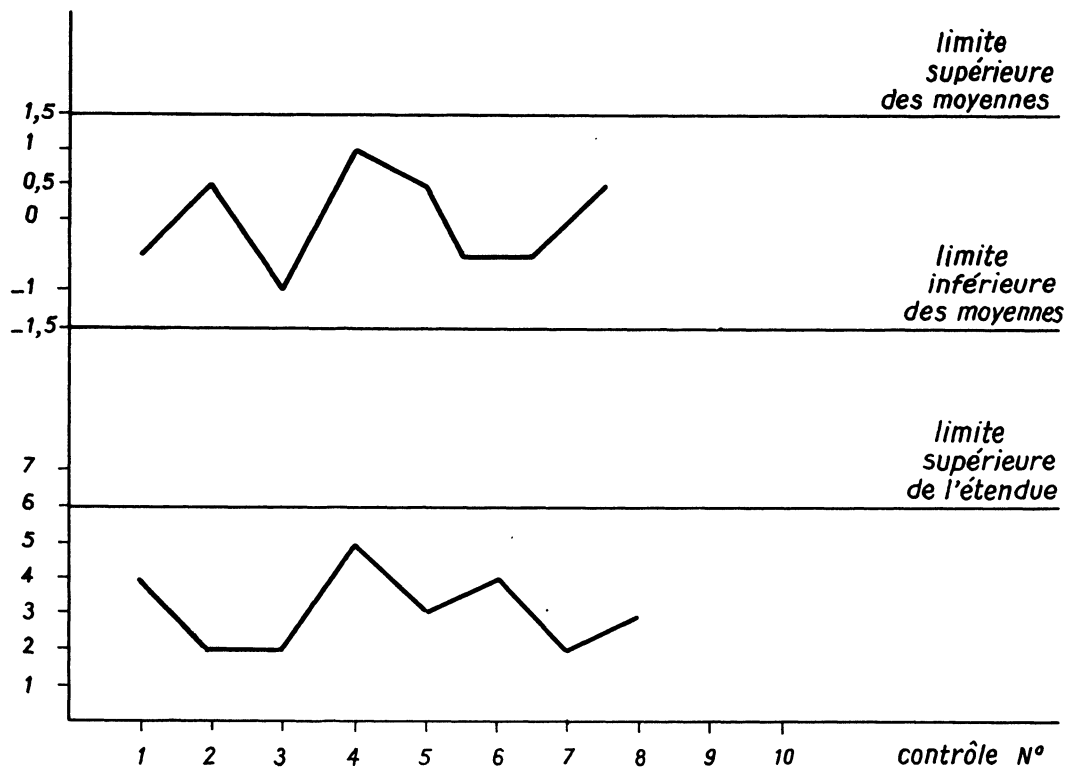


Fig. 5. — Graphique de contrôle.

Ce moyen de contrôle sera extrêmement précieux, du fait que lorsqu'il sera appelé à signaler des défaillances, il pourra, du même coup, orienter les services techniques dans leur recherche des causes de la défaillance. En effet, si c'est l'étendue de l'échantillon qui sort des limites qu'on lui a fixées, alors que la moyenne y reste, c'est un signe certain de ce que le procédé reste réglé au mieux, mais de ce que sa dispersion a augmenté ; alors que si, au contraire, l'étendue reste dans des limites normales, tandis que la moyenne devient trop forte ou trop faible, on a l'indication très probable que la dispersion est restée normale, mais qu'un dérèglement a décalé la valeur moyenne vers le haut ou vers le bas.

K. — COMMENT ON DÉDUIT LES CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DU PROCÉDÉ.

Mais bien d'autres indications peuvent être tirées des normes de contrôle. Tout d'abord la connaissance de la dispersion de la fabrication elle-même. Je vous ai dit tout à l'heure que les moyennes d'échantillons variaient dans des limites \sqrt{n} fois, en l'occurrence $\sqrt{5}$ fois, plus resserrées que les valeurs elles-mêmes. Or, nous venons de fixer des limites entre lesquelles risquent d'osciller les diverses valeurs de ces moyennes. En écartant celles-ci dans le rapport $\sqrt{5}$, j'ai automatiquement les limites entre lesquelles varieront nos pièces elles-mêmes et il sera possible de déterminer si les tolérances imposées à la fabrication sont susceptibles d'être respectées plus ou moins facilement, ou ne le sont pas.

On a pu par ces méthodes améliorer par exemple dans des proportions extrêmement importantes la précision de l'opération de calandrage de feuilles de caoutchouc, c'est-à-dire de l'opération qui consiste à passer un mélange de caoutchouc entre deux cylindres de laminoirs pour en tirer une feuille aussi régulière que possible. La mesure de l'épaisseur en différents points de cette feuille a été utilisée pour y appliquer les principes ci-dessus qui ont permis d'obtenir de la part de ces machines une précision jamais atteinte auparavant.

Dans une opération de décolletage qui était exécutée simultanément par trois tours, on a pu constater que deux tours permettaient, de par leur état mécanique, de tenir facilement la précision demandée, encore que celle-ci fut importante (plus ou moins 7/1.000), tandis que le troisième, quel que soit le soin apporté par son régleur, ne pouvait permettre d'espérer tenir la totalité des pièces que dans l'intervalle plus ou moins 9/1.000.

Dans ce dernier cas, la connaissance des propriétés de la courbe de GAUSS, en particulier le fait que l'on aura 95 % des pièces entre des limites plus resserrées de 1/3 et 70 % entre des limites plus resserrées des 2/3, permet d'estimer le pourcentage de déchets auquel on doit s'attendre, et cela avec d'autant plus de précision que si je viens de citer les pourcentages de 95 % et de 70 %, il existe des tables fixant toutes les valeurs intermédiaires.

L. — LE RÉGLAGE DES MACHINES.

On dispose du même coup d'un outil précieux pour le réglage de la machine ou du procédé. Il est difficile, sur l'examen d'une seule pièce différant légèrement de la valeur souhaitée, de savoir si elle en diffère par une malchance de prélèvement, ou parce que la machine n'est pas réglée au mieux, alors qu'en calculant la moyenne des 5 valeurs et en regardant si celle-ci est ou non à l'intérieur des limites admises, on sait si l'on est en droit d'imputer la différence au hasard ou si l'on doit procéder à une modification du réglage de la machine. On évite ainsi des tâtonnements de réglage qui ne sont souvent que des dérèglages.

Les exemples d'application au réglage de machines-outils seraient innombrables et je préfère à ce sujet vous renvoyer à l'article publié par Monsieur Mothes à la page 55 de l'exemplaire n° 1 de l'année 1953 de la Revue de Statistique Appliquée. Je citerai plutôt à titre d'exemple dans une industrie toute différente le réglage des machines à découper les rouleaux de papier peint, machines par nature assez peu précises et de ce fait d'autant plus difficiles à régler à partir de l'examen d'un seul rouleau. Tandis que la moyenne des longueurs de quelques rouleaux, 5 en principe, donne une indication précise au mécanicien sur la nécessité ou l'absence de nécessité de procéder à une modification du réglage.

En résumé, les fonctions essentielles du contrôle de qualité aux mesures sont les suivantes : étude des possibilités de précision du procédé, aide au réglage de fonctionnement, contrôle de celui-ci et orientation des recherches en cas de défaillance.

M. — EFFICACITÉ DU CONTRÔLE AUX MESURES.

Comme je vous l'ai dit plus haut, l'opération de contrôle a pour objectif de n'alerter les services techniques que lorsque l'on a un indice certain d'une anomalie de fonctionnement, avec, comme contre-partie, que certaines anomalies minimales peuvent passer inaperçues. Néanmoins, l'efficacité d'une telle méthode est grande, en particulier incomparablement plus grande que le contrôle individuel tel qu'il est pratiqué habituellement. Le tableau ci-contre (figure 6) donne un exemple d'efficacité comparée du contrôle individuel et du contrôle statistique. Je suppose une production où les

pièces extrêmes s'écarteraient de la valeur centrale de ± 9 . Si aucun phénomène systématique ne venait fausser les lois du hasard, les proportions des pièces de diverses dimensions seraient à peu près conformes à celles indiquées sur le tableau, tandis que les moyennes des 5 pièces seraient réparties entre -4 et $+4$, dans les proportions indiquées sur le même tableau. Je suppose maintenant un dérèglement de 7 unités, de sorte que les valeurs individuelles seront comprises entre -2 et $+16$, lors du nouveau fonctionnement.

Valeurs possibles des pièces . . .	9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
Répartition avant dérèglement . . .	1 1 1 2 3 6 7 10 12 14 12 10 7 6 3 2 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
Répartition après dérèglement de +7	0 0 0 0 0 0 0 <u>1 1 1 2 3 6 7 10 12 14 12 10</u> 7 6 3 2 1 1 1 0
	80 %
Valeurs possibles des moyennes .	-4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
Répartition avant dérèglement . . .	1 3 12 20 28 20 12 3 1 0 0 0 0 0 0 0
Répartition après dérèglement de +7	0 0 0 0 0 0 0 <u>1 3</u> 12 20 28 20 12 3 1
	4 %

Fig. 6.

Toutes les pièces de -2 à $+9$ auront des valeurs qui ne seront pas significatives d'un dérèglement et l'on constate sur le tableau qu'il s'agit là de 80 % des pièces. On aura donc, lors d'un prélèvement individuel, 8 chances sur 10 de tomber sur une pièce de dimension parfaitement admissible et si même on est amené, dès ce prélèvement, à trouver une pièce un peu trop grande, on aura tendance à confirmer les faits par un second prélèvement qui a les plus grandes chances de retomber dans les normes.

Si, au contraire, on juge sur une moyenne de 5, on constate sur le tableau que les nouvelles moyennes de 5 étant comprises entre $+3$ et $+11$, seules les valeurs 3 et 4 coïncident avec ce qui était admissible précédemment et cela représente 4 % des cas. Si donc nous prélevons une moyenne de 5 dans le nouveau fonctionnement, nous avons 96 chances sur 100 de tomber sur une moyenne qui serait inadmissible en fonctionnement normal et, par conséquent, nous sommes presque certains de déceler le dérèglement dès le premier coup.

Quant à la certitude de le déceler au second prélèvement, si par extraordinaire il était passée inaperçue au premier, elle est pratiquement absolue.

N. — DOMAINES D'APPLICATION DU CONTRÔLE STATISTIQUE.

Si l'intérêt du contrôle statistique en tant qu'opération de contrôle est certain, si son efficacité, comme je viens d'essayer de le montrer est grande, je voudrais néanmoins, avant de conclure, en revenir aux questions de vocabulaire par lesquelles j'ai commencé cette causerie et vous demander de ne pas être aveuglés par le mot « contrôle », mais d'avoir constamment à l'esprit les possibilités qu'offre le contrôle statistique en tant que moyen d'étude. Très souvent, il m'est arrivé d'attaquer certains problèmes sur lesquels la direction désirait assurer un contrôle et de constater que c'était la phase d'étude qui s'avérait la plus intéressante et la plus rémunératrice, soit que l'on découvre des évidences qui étaient restées cachées jusque là, soit, au contraire, que l'on soit conduit à des phénomènes plus complexes, ressortissant indiscutablement du domaine statistique.

Le mot « statistique » n'est pas moins malencontreux en laissant croire que ces méthodes ne s'appliquent qu'à l'industrie de grande série. Si elles ont été bien conçues, à l'origine, pour des machines automatiques de grande série, on a constaté à l'usage qu'elles s'appliquaient avec fruit aussi bien à la petite et moyenne série qu'à la grande et au moins autant aux procédés manuels qu'aux procédés automatiques.

Les procédés manuels présentent une dispersion due à des causes nombreuses, d'ordre psychologique et matériel dont l'ensemble ressort des lois du hasard aussi bien que les vibrations d'une machine et c'est un fait que la mise sous contrôle d'opérations manuelles telles que des classements par épaisseur ou des pesées arrive presque toujours à doubler, sinon tripler la précision du procédé.

Quant à l'importance de la série nécessaire, il est évident qu'il faut qu'elle dépasse sensiblement une production de 50 à 100 pièces, puisque c'est par ce nombre que se fera l'étude de base. Il faut aussi que le total de production s'étende sur au moins 2 ou 3 jours, afin d'éviter que tout le travail ne soit terminé avant qu'on ait eu le temps de regarder quelle conclusion on pouvait tirer des calculs effectués. Mais, outre que ces deux conditions sont bien souvent réalisées, il faut noter que lorsqu'une même fabrication se reproduit dans le temps, les résultats de l'étude faite sur une première série peuvent s'appliquer sans nouvelles études préalables, chaque fois que l'on reprend la fabrication et, qu'à ce moment, leur intérêt est même très grand, puisque l'on dispose, dès le démarrage, de base objective de réglage et de contrôle. Il faut observer aussi que, d'autres fois, certaines fabrications sont suffisamment analogues pour que l'on puisse appliquer de l'une à l'autre les mêmes règles de contrôle. C'est ce que nous avons rencontré par exemple dans des opérations de calandrage de caoutchouc où la précision nous est apparue ne dépendre que de la machine, alors qu'elle était pratiquement indépendante du genre de mélange calandré et qu'elle était liée à l'épaisseur par une formule simple qu'il suffisait d'appliquer pour pouvoir porter sur le même graphique les résultats de tous les contrôles.

Dans ce cas particulier, des machines, où la production change en moyenne tous les quarts d'heure, ont pu être l'objet d'un graphique de contrôle unique avec un très grand succès.

Dans des opérations de tronçonnage de tubes, on a pu constater que la précision était indépendante de la longueur et à condition qu'ils varient dans certaines limites, du diamètre de ceux-ci, et, là encore, il a été possible de prévoir un graphique unique de contrôle du fonctionnement.

Le mot qualité lui-même est encore parfois source de malentendus en faisant croire que le but essentiel de ces méthodes est l'amélioration de la qualité du produit, alors qu'elles interviennent le plus souvent sur le coût soit par les économies qu'elles peuvent apporter dans la composition du service contrôle, soit par les économies qu'elles procurent par la réduction des déchets ou de la consommation de matières, soit enfin, et c'est un point sur lequel je voudrais insister quelques instants avant de conclure, parce qu'elles permettent de mettre un terme à l'éternel conflit : qualité, quantité.

L'élément qualité pouvait jusqu'à présent être considéré comme le talon d'Achille des méthodes d'organisation scientifique du travail, et c'était l'éternel argument des adversaires des méthodes stimulantes de rémunération d'affirmer que celles-ci amenaient le personnel à négliger la qualité ou même demandaient aux machines des performances incompatibles avec celles-ci.

Le contrôle statistique, en fournissant des bases mesurables de la qualité, permet, je l'ai fait remarquer en cours de route, de déterminer quelles sont les performances possibles d'une machine à telle ou telle allure et d'en contrôler le degré d'usure, mais il permet aussi d'assurer des bases sérieuses à une prime de qualité qui peut compenser, pour les personnes rémunérées au rendement, le ralentissement qu'implique parfois inévitablement le soin apporté à la qualité du travail.

Si j'ai insisté sur ce dernier point, c'est peut-être parce qu'ayant moi-même une formation spécialisée dans l'ensemble des questions d'organisation, j'ai trop longtemps souffert de cette vulnérabilité pour ne pas être particulièrement heureux de trouver maintenant la solution du problème posé, et c'est aussi parce que j'ai cru inutile d'insister beaucoup sur les économies que doit apporter le contrôle statistique dans le coût du service-contrôle lui-même.

Si un tel avantage a pu être sensible aux Etats-Unis où le contrôle de qualité détient une place importante dans la plupart des entreprises, je crois qu'en France, et ce sera ma conclusion, nous considérons trop souvent le contrôle de qualité comme une charge de frais généraux que l'on doit réduire au maximum. De sorte que pour nous, Français, et sous réserve de quelques exceptions, l'intérêt du contrôle de qualité réside beaucoup plus dans les économies de toutes sortes, dans les avantages de toutes sortes aussi, que doivent nous apporter une connaissance plus grande et un contrôle plus approfondi de la qualité du travail plutôt qu'en une économie directe sur le Service Contrôle.