

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

CAVÉ

Exemple d'application des méthodes statistiques de contrôle de fabrication

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 2 (1954), p. 23-27

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_2_23_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/>

EXEMPLE D'APPLICATION DES MÉTHODES STATISTIQUES DE CONTROLE DE FABRICATION

par

M. CAVÉ

Ingénieur Militaire Principal de l'Armement

Le problème de la qualité d'une production se présente toujours sous un double aspect : qualité technique (niveau de qualité) et qualité statistique (stabilité de la qualité).

Ces deux aspects interviennent évidemment dans la satisfaction du client et la mise en route d'une fabrication exige que l'on tienne compte des deux.

L'exemple décrit ci-après par M. Cavé montre comment la méthode statistique dans une étude préalable d'une fabrication, aurait permis d'éviter de nombreuses livraisons refusées.

I. — DONNÉES DU PROBLÈME.

Dans un établissement utilisant essentiellement des machines automatiques ou semi-automatiques, on utilisait en cours de fabrication un contrôle d'efficacité très faible, qui consistait à prélever une pièce ou quelques pièces, à les mesurer et à conserver le réglage tant que la cote de chaque pièce ne sortait pas des limites de tolérance.

On avait dit au contrôle que le client accepterait jusqu'à 3 % de pièces mauvaises et le raisonnement simpliste suivant (et faux) avait été fait : 3 % de pièces, cela fait environ 1 pièce sur 30 et il suffira donc de prélever dans les lots que l'on allait présenter au client, 30 pièces et d'accepter pour l'envoi, les lots dont le prélèvement de 30 pièces contient au plus 1 pièce mauvaise.

Les premières livraisons ayant été refusées en grande partie par le client, on a décidé dans un deuxième stade de prélever 30 pièces par lot et d'accepter si aucune pièce mauvaise n'était trouvée parmi ces 30. Les contrôles 100 % des lots défectueux ont d'autre part montré que la proportion des pièces mauvaises était de l'ordre de 3 % à 8 %, on a demandé au contrôle en cours de fabrication d'effectuer un contrôle plus strict.

Mais ce contrôle, beaucoup plus strict, s'est ramené à effectuer des contrôles de plus en plus fréquents de prélèvements d'une pièce et les régleurs étaient constamment en train de régler les machines, la cadence de production était considérablement réduite.

C'est alors qu'en « désespoir de cause » on a demandé à des spécialistes de contrôle statistique de « redresser la situation ». Nous nous contenterons de donner ci-après le contrôle effectué sur une cote $40 \text{ mm}^{+0}_{-150}$, c'est-à-dire dont les limites de tolérance étaient 40,000 et 40,150 mm.

2. — ÉTUDE CRITIQUE PRÉLIMINAIRE DES CONDITIONS DE RÉCEPTION DU CLIENT ET DU FABRICANT.

2-1. — Si le client avait indiqué dans son marché qu'il « ne voulait pas » accepter de lots contenant plus de 3 % de pièces mauvaises, il avait précisé que, pour obtenir ce résultat, il prélèverait dans chaque lot un échantillon de 100 pièces et accepterait le lot s'il trouvait au plus une pièce défectueuse dans cet échantillon.

On peut calculer la courbe d'efficacité de ce test de réception, donnant la probabilité P d'accepter un lot (ordonnée) contenant une proportion p (en abscisse) de pièces mauvaises. L'équation de cette courbe est :

$$P_1 = (1-p)^{100} + 100 p (1-p)^{99}$$

Elle est représentée par la courbe I de la figure 1. On voit que le client qui « ne voulait pas » accepter de lots contenant plus de 3 % de pièces mauvaises court en fait le risque d'accepter environ une fois sur cinq des lots contenant 3 % de pièces mauvaises : il est normal qu'il courre un risque d'accepter un lot de cette qualité puisqu'il effectue un prélèvement, mais peut-être que ce risque est un peu trop élevé, si effectivement son exigence est nécessaire en pratique.

2-2. — Les contrôles des lots par le fabricant, en vue de l'expédition, donnent les courbes d'efficacité II et III de la figure 1.

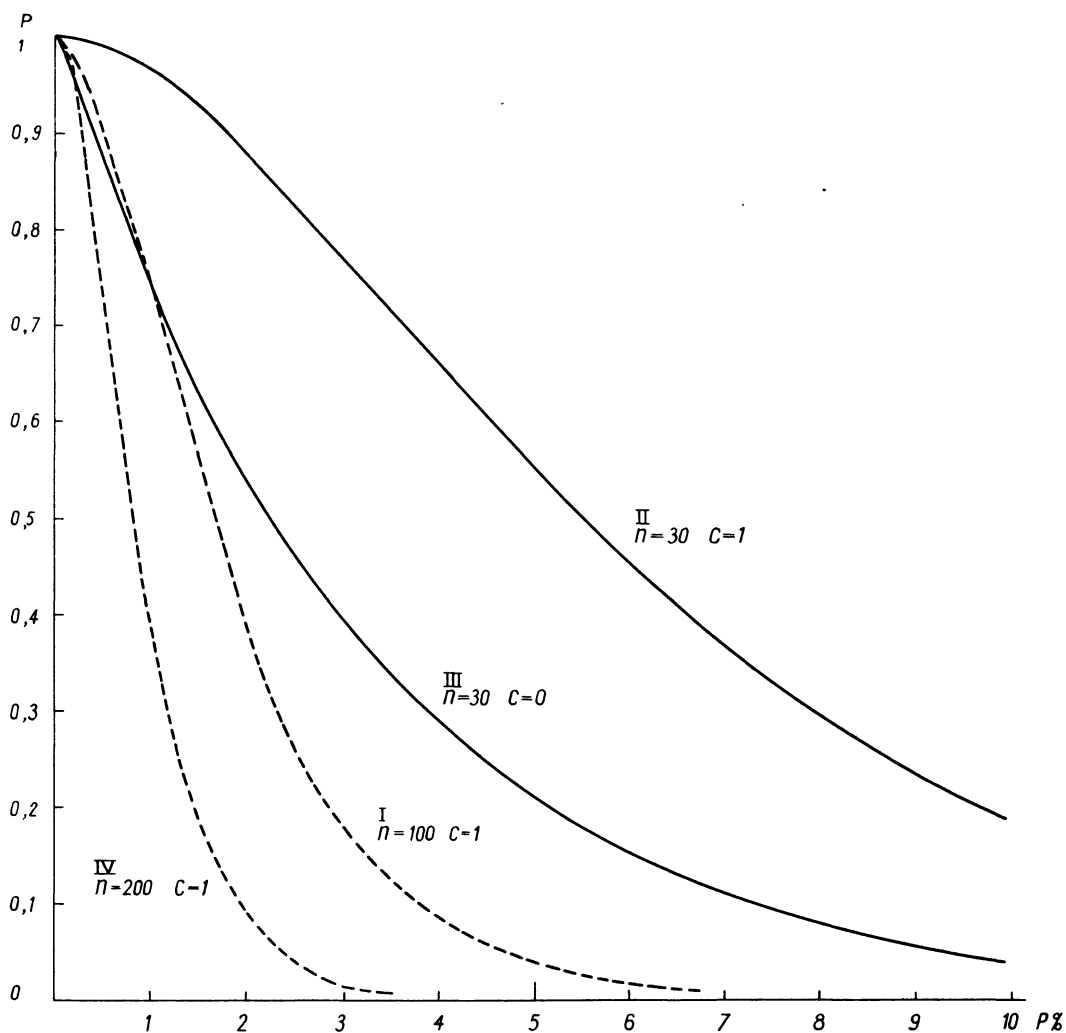


Fig. 1. — Courbes d'efficacité.

On voit que ces courbes sont nettement au-dessus de la courbe d'efficacité du test du client (pour la courbe II seulement pour $p > 1\%$). On voit par exemple que 83 % des lots contenant 3 % de pièces mauvaises seront acceptés pour le premier type de contrôle (courbe II) et 46 % pour le deuxième type (courbe III).

Il serait donc nécessaire d'effectuer un contrôle au moins aussi efficace que celui qui sera effectué par le client. On pourrait par exemple prélever 200 pièces et accepter si on trouve au plus une pièce mauvaise (courbe IV) : on a, dans ce cas, une chance sur cent d'envoyer au client un lot contenant 3 % de pièces mauvaises.

3. — CONTROLE EN COURS DE FABRICATION.

3-1. — On a demandé au régleur de régler la machine comme il le faisait normalement et l'on a effectué toutes les 20 minutes un prélèvement de 5 pièces que l'on mesurait. Les 20 premiers prélèvements sont donnés par la fiche de contrôle sur lesquelles on a indiqué les moyennes et les amplitudes de chaque prélèvement en prenant comme origine la cote 40,00, les mesures étant données en centièmes. On a ensuite appliqué les méthodes classiques de contrôle statistique. On a trouvé pour la moyenne générale et la moyenne des amplitudes :

$$\begin{aligned}\bar{\bar{x}} &= 9,93 \\ \bar{w} &= 8\end{aligned}$$

Les limites de contrôle et de surveillance de la moyenne sont

$$\begin{cases} L_{cs} = 0,93 + 0,594 \cdot 8 = 14,68 \\ L_{ci} = 9,93 - 0,594 \cdot 8 = 5,18 \\ L_{ss} = 9,93 + 0,377 \cdot 8 = 12,95 \\ L_{si} = 9,93 - 0,377 \cdot 8 = 6,93 \end{cases}$$

Les limites de contrôle et de surveillance de l'amplitude sont :

$$\begin{cases} L'_{cs} = 2,34 \cdot 8 = 18,72 \\ L'_{ci} = 0,16 \cdot 8 = 1,28 \\ L'_{ss} = 1,81 \cdot 8 = 14,48 \\ L'_{si} = 0,37 \cdot 8 = 2,96 \end{cases}$$

On a reporté les moyennes, les amplitudes, leurs droites de contrôle et de surveillance, les limites de tolérance sur la carte de contrôle.

3-2. — L'examen de la carte de contrôle montre que tous les points sont à l'intérieur des limites de contrôle et qu'une seule moyenne sur vingt est extérieure aux limites de surveillance : la machine est donc sous contrôle, on peut effectuer une fabrication en utilisant avec succès le contrôle statistique qui décèlera convenablement un dérèglement.

3-3. — Il semble (1) cependant que les moyennes aient tendance à diminuer du début à la fin du prélèvement (7 heures de marche), ce qui doit provenir de l'usure de l'outil, effet normal puisque la cote considérée est une cote intérieure. C'est pour cette raison que le régleur réglait la machine sur une cote supérieure au milieu de l'intervalle de tolérance (on a trouvé $\bar{\bar{x}} = 9,93$ au lieu de 7,5).

3-4. — Il est possible de comparer la dispersion de la machine à l'intervalle de tolérance. De la moyenne des amplitudes on peut déduire une estimation sans biais de l'écart-type

$$\sigma'' = \frac{8}{2,326} = 3,43$$

D'où l'intervalle de tolérance exprimé en écarts-types

$$\frac{15}{3,43} = 4,373$$

alors qu'il faudrait normalement au moins 6 écarts-types pour pouvoir fabriquer sans trop d'aléas. On peut même calculer, en supposant la variabilité de la machine parfaitement normale, que la proportion de pièces mauvaises fabriquées lorsque la machine est parfaitement réglée sur la cote 7,5 est égale à $2 \times 1,56 \% = 3,12 \%$ (Queues de courbes extérieures à l'intervalle $\pm \frac{4,375}{2} = \pm 2,186$) Il en résulte qu'un réglage parfait, lorsqu'on considère individuellement les mesures, sera refusé

(1) Le calcul exact montre qu'on ne peut l'affirmer sans courir de gros risques.

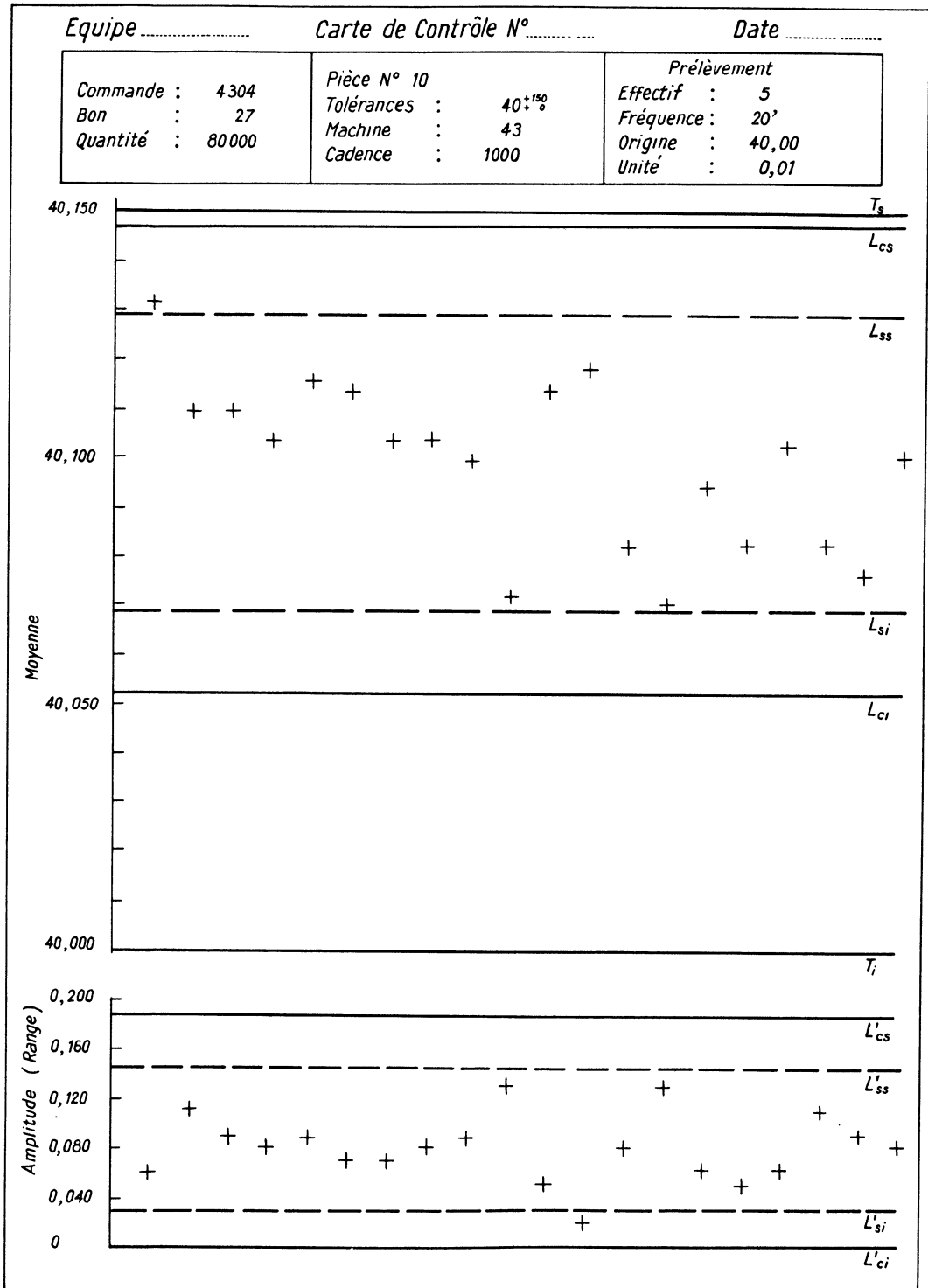


Fig. 2. — Carte de contrôle.

3,1 fois sur 100, d'où une augmentation des réglages inutiles et une diminution de la cadence, si on augmente les prélèvements. Cette proportion est la proportion minimum possible : il est donc normal de trouver des proportions de l'ordre de 4,5, 6 ou 7 % puisqu'on n'effectue pas ensuite un contrôle 100 % à la réception. Le réglage actuel montre qu'il doit y avoir 7 % de pièces mauvaises et, en réalité, on en a trouvé 6 sur les 100 mesurées.

FICHE DE CONTRÔLE

| Bon | | | | | Carte n° | | | | | |
|------------|------|------|-----|------|----------|------|------|------|-----|-----|
| N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 13 | 05 | 12 | 12 | 06 | 16 | 11 | 06 | 07 | 05 |
| 2 | 11 | 16 | 11 | 08 | 15 | 11 | 11 | 09 | 08 | 07 |
| 3 | 16 | 12 | 07 | 14 | 12 | 10 | 11 | 11 | 09 | 14 |
| 4 | 10 | 11 | 16 | 12 | 11 | 09 | 06 | 14 | 16 | 09 |
| 5 | 16 | 11 | 09 | 06 | 14 | 11 | 13 | 12 | 10 | 01 |
| Σx | 66 | 55 | 55 | 52 | 58 | 57 | 52 | 52 | 50 | 36 |
| \bar{x} | 13,2 | 11 | 11 | 10,4 | 11,6 | 11,4 | 10,4 | 10,4 | 10 | 7,2 |
| W | 6 | 11 | 9 | 8 | 9 | 7 | 7 | 8 | 9 | 13 |
| N° | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 11 | 13 | 06 | 01 | 10 | 09 | 13 | 09 | 04 | 14 |
| 2 | 15 | 12 | 06 | 11 | 06 | 06 | 12 | 09 | 06 | 10 |
| 3 | 11 | 12 | 06 | 14 | 11 | 11 | 08 | 06 | 11 | 06 |
| 4 | 10 | 11 | 09 | 04 | 12 | 09 | 11 | 03 | 13 | 11 |
| 5 | 10 | 11 | 14 | 05 | 08 | 06 | 07 | 14 | 04 | 09 |
| Σx | 57 | 59 | 41 | 35 | 47 | 41 | 51 | 41 | 38 | 50 |
| \bar{x} | 11,4 | 11,8 | 8,2 | 7 | 9,4 | 8,2 | 10,2 | 8,2 | 7,6 | 10 |
| W | 5 | 2 | 8 | 13 | 6 | 5 | 6 | 11 | 9 | 8 |

4. — CONCLUSIONS.

La machine utilisée **n'est pas adaptée à son travail** : puisqu'elle ne peut produire mieux que 3 % de pièces mauvaises, proportion que le client refuse, il faut :

— Soit changer de machine et prendre par suite une machine d'écart-type plus faible et au plus $\sigma = 2,5$: dans ce cas, l'intervalle de tolérance est égal à $\frac{15}{2,5} = 6$ écarts-types ;

— Soit augmenter la tolérance : avec 20 centièmes, l'intervalle de tolérance vaut $\frac{20}{3,43} = 5,83$ écarts-types.

Dans de telles conditions, les méthodes de contrôle statistique donneront de bons résultats puisque l'on a pu mettre la machine « sous contrôle ». C'est ce qui a été constaté par la suite en effectuant le travail sur une autre machine.