

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. PERRADIN

Moyens mis en œuvre à différents échelons pour se rendre compte de la qualité fournie par un groupe de production

Revue de statistique appliquée, tome 7, n° 3 (1959), p. 55-62

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1959__7_3_55_0

© Société française de statistique, 1959, 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/>

MOYENS MIS EN ŒUVRE A DIFFÉRENTS ÉCHELONS POUR SE RENDRE COMPTE DE LA QUALITÉ FOURNIE PAR UN GROUPE DE PRODUCTION ⁽¹⁾

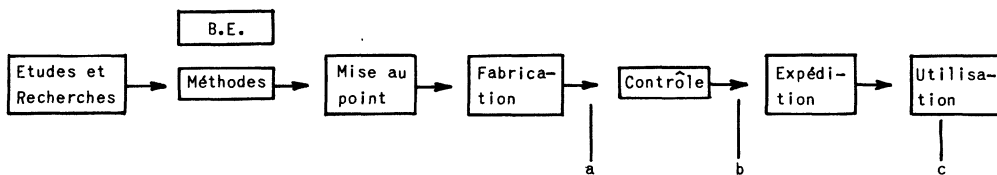
P. PERRADIN

Le sujet choisi est vaste en ce sens qu'il a trait à une préoccupation générale que les Américains appellent "Quality Assurance", c'est-à-dire la nécessité de connaître la qualité dans différents domaines de l'Entreprise.

Cette connaissance de la qualité est vraiment nécessaire car elle est à la base de toute action corrective et elle se situe dans différents domaines et à tous les échelons.

Nous pouvons illustrer par le schéma ci-dessous un cycle de fabrication, depuis la conception jusqu'à l'utilisation, et nous constatons qu'un jugement de la qualité est nécessaire principalement en trois points :

- a) Au contrôle final, où la qualité est exprimée en pourcentage de rebuts.
- b) Après le contrôle final, avant expédition chez le client. Le contrôle effectué ici dépend directement du service de contrôle de qualité et n'est sous la dépendance d'aucun des services de l'usine. Par des prélèvements légers mais des essais très complets, il permet de vérifier la qualité générale des appareils et de s'assurer qu'il n'y a pas une tendance à la détérioration de cette qualité .
- c) Lors de l'utilisation - test le plus valable mais hélas le plus difficile à exploiter - où la qualité est jugée à travers les différentes enquêtes qu'effectuent les services commerciaux et les renseignements qu'enregistre le service réparation.



Le problème est donc vaste, mais le sujet qui sera développé ici touchera plus précisément la qualité de la fabrication, jugée au stade du contrôle final de chacune des chaînes de montage, c'est-à-dire la caractérisation de l'aptitude que possède un groupe de production à fabriquer des pièces bonnes.

(1) Communication présentée aux Journées d'Etudes du Centre de Formation aux Applications Industrielles de la Statistique (1957).

Comment s'est posé le problème ? L'entreprise est géographiquement très dispersée, puisqu'elle comprend 5 usines différentes, et la production très diversifiée puisqu'une trentaine d'appareils différents sont fabriqués.

Le contrôle de qualité fonctionne depuis 2 ans normalement dans deux usines, alors qu'il est à la période de démarrage dans deux autres.

A la tête du contrôle de chacune des usines se trouve une personne qui dépend à la fois du Directeur de l'usine et du Service Central du contrôle de qualité, lequel dépend directement de la Direction Générale.

Chacun des chefs de contrôle est chargé de rédiger un rapport hebdomadaire destiné à la Direction Générale, à la Direction de l'usine à laquelle il appartient et au service central du contrôle de qualité. Il est indispensable que les résultats transmis le soient sous une forme simple, rapidement exploitable, qu'ils distinguent ce qui peut être considéré comme normal de ce qui ne peut pas l'être, et qu'ils caractérisent le plus justement possible la qualité obtenue dans la semaine. La solution de l'indice de qualité nous a paru très séduisante, car elle réalise une synthèse de résultats de contrôle sur des appareils parfois assez complexes présentant des possibilités de défauts très variées, ceci grâce à un seul nombre.

L'indice de qualité permet également de nombreuses combinaisons telles que le calcul d'un indice global à partir d'indices partiels, ce qui rend possible la caractérisation de la qualité de n'importe quel groupe de production résultant, à partir des indices de qualité des groupes composants.

A la fin de chaque chaîne est effectué un contrôle du type réception, soit par prélèvements, soit, la plupart du temps, unitaire, par suite des nombreuses causes possibles de défauts et des questions de sécurité lors de l'utilisation des appareils. L'indice de qualité est calculé à partir des résultats de ce contrôle final qui juge la qualité livrée par la chaîne, provenant de la qualité du travail des ouvrières et, éventuellement, de l'efficacité des tris effectués par certaines d'entre elles et des contrôles par prélèvement en cours de montage, exécutés par des contrôleurs volants.

Le Système des Demerits - L'indice de qualité que nous utilisons est calculé suivant le principe des Demerits. C'est un système peu connu en France. Pour avoir plus de précision, il faut lire les revues ou livres américains spécialisés et c'est aux Etats-Unis, je crois, que le système est le plus fréquemment utilisé(1).

Le principe en est simple : tous les défauts n'ont pas, évidemment, la même importance et la caractérisation d'une qualité par un pourcentage global de défectueux est, de ce fait, très incomplète. Le système des Demerits a l'intérêt de tenir compte de l'inégalité de l'importance des défauts en les classant par catégorie et en pondérant d'une certaine façon le nombre de pièces défectueuses décelées dans chacune des catégories.

Le demerit peut s'exprimer de la façon suivante :

$$D = w_1 \cdot n_1 + w_2 \cdot n_2 + \dots$$

w_1 étant le poids attaché au défaut de la catégorie 1.

n_1 le nombre de défectueux de la catégorie 1, et ainsi de suite.

(1) Voir à la fin du texte une liste d'articles qui nous-ont été utiles pour l'établissement de notre système.

Le nombre de catégories choisies, ainsi que les poids qui leur sont affectés sont variables. Nous avons choisi un classement en 4 catégories auxquelles nous avons affecté les poids 100 - 50 - 10 et 1. Dans ces cas là, le Demerit s'écrit donc :

$$D = 100 n_1 + 50 n_2 + 10 n_3 + 1 n_4$$

La catégorie 1 étant donc la catégorie la plus importante, la catégorie 4 la moins importante.

Nous pouvons calculer un demerit par unité $U = \frac{D}{n}$, n étant la quantité contrôlée.

Le demerit par unité peut également s'écrire :

$$U = \varpi_1 u_1 + \varpi_2 u_2 + \varpi_3 u_3 + \varpi_4 u_4$$

ou u_1, u_2, u_3, u_4 sont les nombres de défectueux par unité trouvés dans chacune des catégories.

Indice de qualité à partir du système des demerits - Il est possible dès lors de calculer un indice de qualité en rapportant un demerit unitaire U , calculé à partir des résultats de contrôle de la semaine, à un demerit par unité de référence que nous aurons calculé sur une période assez longue considérée comme bonne et suffisamment stabilisée.

Cet indice de qualité peut s'exprimer par la formule $I = \frac{U}{U_0}$, U_0 étant le demerit par unité pris comme référence.

Nous voyons donc qu'une qualité égale à celle de référence nous amènera à un indice de qualité égal à 1, un indice supérieur à 1 indiquant une détérioration, au contraire, un indice inférieur à 1 indiquant une amélioration.

La valeur attendue de l'indice de qualité sera donc l'unité. Mais nous trouvons chaque semaine une valeur différente de 1 et il est important de savoir si l'écart relevé peut être considéré comme provenant des variations aléatoires de l'indice de qualité ou si, au contraire, il est significatif d'une détérioration de la qualité.

Il s'agit donc de déterminer la loi de variation de I afin de pouvoir calculer, comme pour une carte de contrôle classique, les limites de surveillance et les limites de contrôle.

Les différents pourcentages de référence P_{oi} de défectueux trouvés dans chacune des catégories sont en général faibles (inférieurs à 10%), alors que les nombres de pièces contrôlées chaque semaine sont en général grands (variant de 500 à 20 000) et la loi de Poisson peut très facilement être admise. Dans chacune des catégories, le nombre de défectueux n_i peut donc être considéré comme suivant une loi de Poisson de moyenne np_{oi} et de variance np_{oi} .

La quantité $U_i = \frac{\varpi_i \times n_i}{n}$ suit donc une loi dont l'écart-type :

$$\sigma_{U_i} = \frac{\varpi_i}{n} \times \sigma_{n_i} = \frac{\varpi_i}{n} \times \sqrt{np_{oi}} = \varpi_i \times \sqrt{\frac{P_{oi}}{n}}$$

donc une loi de moyenne $\varpi_i p_{oi} = U_{oi}$ et de variance $\varpi_i^2 \cdot \frac{P_{oi}}{n}$.

Le nombre contrôlé n étant en général très grand et le nombre de défaut possibles étant également élevé, la quantité $U = \sum U_i$ suit une loi qui tend vers une loi normale.

Du fait de l'indépendance des nombres de défectueux trouvés dans chaque classe, cette loi aura une moyenne $U_0 = \sum U_{0i}$ et une variance $\sum \frac{\omega_i^2 P_{0i}}{n}$ que l'on peut écrire également $\frac{K}{n}$, K étant une constante pour chaque chaîne.

L'indice de qualité $I = \frac{U}{U_0}$ suit donc approximativement une loi normale de moyenne égale à 1 et d'écart-type $\sigma_i = \sigma_u / U_0 = \frac{\sqrt{K}}{U_0} \times \frac{1}{\sqrt{n}}$.

Le calcul est donc extrêmement simple :

Pour avoir I , il suffit de calculer la quantité U chaque semaine et, connaissant n , de porter les limites de surveillance et de contrôle à 2 fois et 3 fois l'écart-type. L'écart-type est calculé facilement à partir de n .

Composition d'indices - Un indice de qualité étant calculé sur chacune des chaînes, il est utile, à partir de ces limites, de pouvoir calculer des indices globaux, soit pour un appareil, lorsque nous sommes en présence de plusieurs chaînes de montage de sous-ensembles avant le montage final, soit pour une usine, à partir des indices trouvés sur les différents appareils fabriqués par cette usine. Ces calculs d'indices globaux peuvent se faire toujours à l'aide de pondération et s'écrire sous la forme :

$$I = \frac{\sum \pi_j \times I_j}{\sum \pi_j}$$

Un tel indice de qualité suit donc également une loi normale de moyenne égale à 1. Du fait de l'indépendance de chacun des indices, l'écart-type σ_{I_0} sera égal à :

$$\frac{1}{\sum \pi_j} \sqrt{\sum \pi_j^2 \sigma_{j_0}^2}$$

Mise en route de la méthode - Il a fallu tout d'abord faire la liste des différents défauts susceptibles de se produire. Cette liste a été facilement établie d'après les enregistrements d'au moins 1 an qui avaient été effectués. Nous avons choisi comme mode de classification celui le plus souvent adopté, en particulier pour l'établissement de plans d'échantillonnage, qui consiste à distinguer quatre catégories de défauts, appelés selon leur importance : critiques, majeurs, mineurs ou secondaires.

La détermination de la classe dans laquelle doit se trouver chacun des défauts s'est faite selon deux critères :

- tout d'abord un critère qui pourrait correspondre à la question "Quels seraient les inconvénients si le contrôle final ne décelait pas le défaut ?"
- l'autre critère étant la perte pécuniaire que ce défaut occasionne, faisant intervenir le prix de la main-d'œuvre employée pour rien, le prix de la matière perdue, le prix des retouches s'il y a lieu.

En ce qui concerne le premier critère, la classification en 4 catégories s'est effectuée de la façon suivante :

- défaut critique : défaut pouvant entraîner une détérioration grave pouvant compromettre la sécurité des utilisateurs.

- défaut majeur : défaut s'opposant au fonctionnement correct, à l'exécution correcte d'une opération ultérieure, d'une manière générale défaut qui diminue la valeur commerciale de l'article et révèle un procédé de fabrication défectueux.
- défaut mineur : défaut qui risque de diminuer les performances, l'efficacité ou la durée, qui apporte une gêne au montage ; peut être également un léger défaut d'aspect visible.
- défaut secondaire : défaut qui, bien que n'ayant que très peu d'importance, dénote une imperfection. C'est, par exemple, un défaut d'aspect invisible une fois l'appareil monté.

Il est bon de signaler que, lors de la classification des défauts relativement au second critère, nous n'avons fait intervenir que les comparaisons de prix à l'intérieur de la chaîne, c'est-à-dire que nous pouvions trouver des défauts critiques ou majeurs aussi bien sur les chaînes montant des produits d'une très faible valeur que sur d'autres montant des produits très chers.

Nous avons donc classé chacun de ces défauts relativement à deux critères, ceci en accord avec la Direction de l'usine.

Dans le cas de tris (cas le plus courant), nous avons conventionnellement fait intervenir le 2ème critère dans la proportion de 3 sur 4, et seulement dans la proportion de 1 sur 4 dans le cas de prélèvements. La proportion de 3 sur 4 a été choisie parce que l'efficacité d'un tri n'est pas absolument 100% mais voisine, d'après les statistiques américaines, de 75% ; c'est-à-dire que 75% seulement des défectueux sont arrêtés en moyenne, du fait de la fatigue du contrôleur.

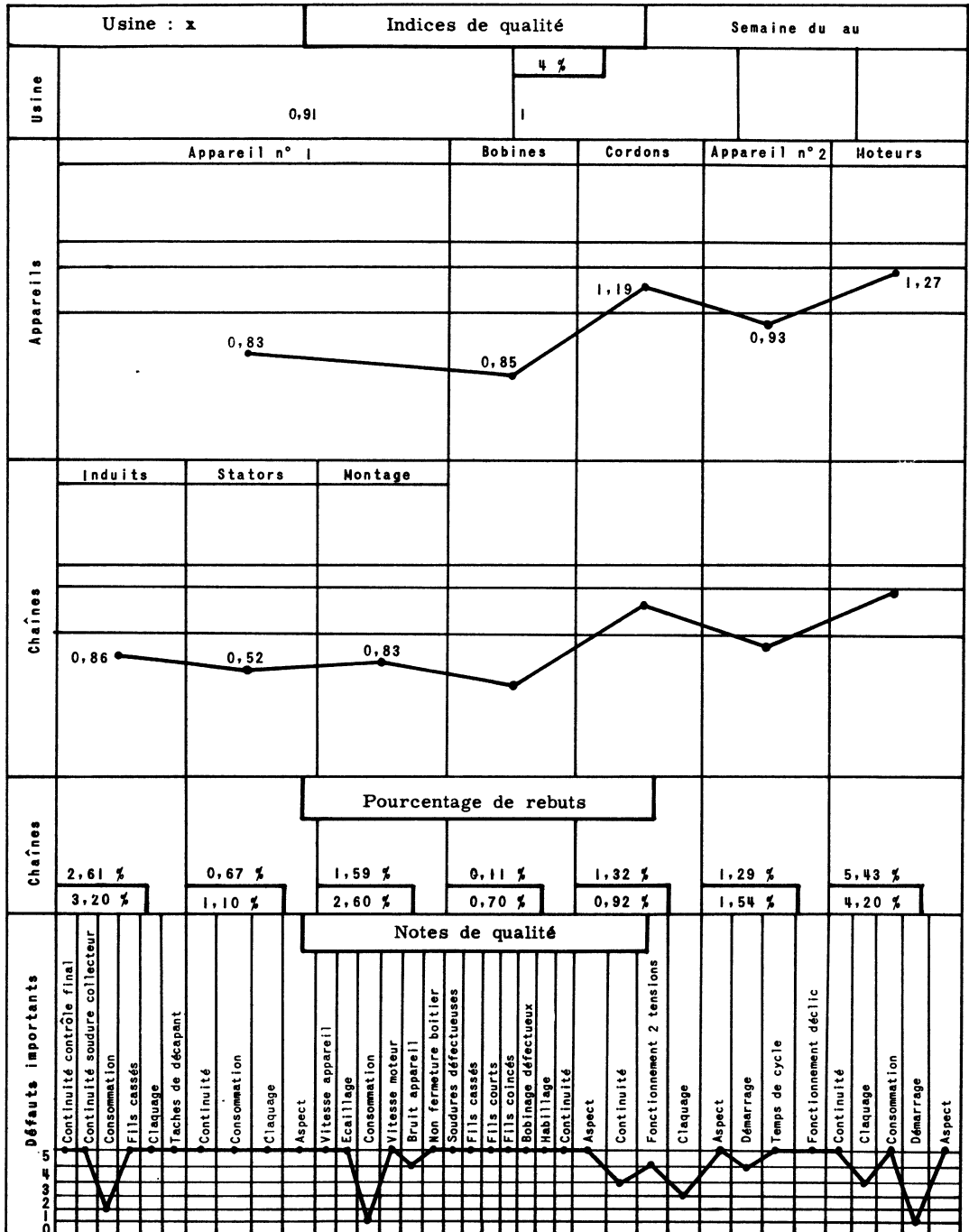
Il s'agissait ensuite de calculer les différents pourcentages de référence. Ceci a été fait en choisissant des périodes suffisamment stabilisées pendant lesquelles nous avons obtenu des pourcentages de défectueux minima.

Pour chaque chaîne étudiée, nous avons dressé, à l'issue de cette phase préparatoire, une liste précise des défauts avec indication des pourcentages de référence et de l'importance. Nous sommes dès lors à même d'obtenir chaque semaine les indices de qualité pour chacune des chaînes en calculant le demerit par unité U et en faisant le rapport avec le demerit par unité de référence U_0 .

Pour le calcul d'indices globaux, les différentes pondérations effectuées l'ont été d'après les considérations suivantes : lorsqu'il s'agissait du calcul d'un indice relatif à un appareil à partir d'indices de montages de sous-ensembles, nous nous sommes basés sur la somme des poids qui ressortait de la pondération de chacun des défauts dans chaque chaîne. Dans le calcul d'indices relatifs à l'usine à partir des indices des différents appareils, nous avons fait intervenir, en plus, le prix de l'appareil et la quantité moyenne produite.

Présentation choisie pour le rapport de contrôle - Le système ayant été adopté et précisé, il fallait savoir sous quelle forme transcrire ces résultats pour qu'ils soient facilement exploitables par la Direction Générale.

Nous avons choisi la présentation "en cascade", c'est-à-dire que tout en haut du rapport sont situés les résultats relatifs à l'usine, puis en descendant, aux appareils, aux chaînes de fabrication de sous-ensembles s'il y a lieu et, enfin aux postes importants. A ce quadrillage viennent se superposer trois zones horizontales correspondant à 3 modes différents de caractérisation de la qualité. En partant du haut, nous trouvons : les indices de qualité caractérisant la qualité depuis l'échelon usine jusqu'à la chaîne, puis les pourcentages de rebuts relatifs aux chaînes, enfin les notes de qualité mises à des postes ou défauts importants.



Nous indiquons en effet, en plus de l'indice de qualité, d'une part le pourcentage de référence des chaînes et, d'autre part, le pourcentage obtenu chaque semaine, car les indices de qualité, du fait de leur mode de calcul, ne sont que des valeurs relatives. Les notes de qualité sont mises d'une façon simple à partir des résultats enregistrés dans la semaine sur les différentes cartes de contrôle. Les cartes de contrôle mises sur les postes sont tenues, soit d'après les résultats des prélèvements, soit d'après les contrôles de fin de chaîne. Les notes varient de 0 à 5, dans le cas de limites journalières, par exemple, nous mettons une note 0 si les 5 points sont hors des limites et 5 si aucun point n'est sorti dans la semaine. Les avantages de cette présentation sont évidents : quiconque lit le rapport peut se contenter de vérifier l'indice relatif à l'usine, sans aller voir plus loin, s'il donne satisfaction. Dans le cas d'un mauvais indice au contraire, il est possible de descendre peu à peu les échelons, parfois jusqu'aux postes ou défauts importants pour en connaître la cause.

La partie réservée aux indices de qualité comporte les limites de surveillance et de contrôle ; sur le graphique, ces limites se trouvent toujours à égale distance de la moyenne, ceci pour faciliter la lecture du rapport, et les résultats sont donc reportés sur le rapport en nombre d'écart-types.

Ajoutons que pour éviter le calcul des écarts-types chaque semaine, nous avons déterminé des classes de variation de production.

Récapitulation à l'échelon atelier - Parallèlement à l'établissement de ce genre de rapport, nous avons mis au point un système de tableaux disposés dans les ateliers, rendant compte de la qualité obtenue sur chacun des postes sous contrôle dans chaque chaîne.

Sur ces tableaux, chaque poste est indiqué par sa désignation et son pourcentage de défectueux de référence.

Les résultats de chaque jour sont indiqués par des index de couleur, un index blanc signifiant que le point porté sur chaque carte se situe entre les limites de surveillance, un index vert indiquant que nous sommes entre surveillance et contrôle et un index rouge que la limite de contrôle a été dépassée.

De tels tableaux sont destinés aux chefs d'équipes et aux contremaîtres ; un exemplaire sur feuille en est donné au Directeur de l'usine.

Récapitulation des résultats des rapports hebdomadaires - Les résultats des rapports hebdomadaires peuvent facilement être récapitulés en ce qui concerne les indices de qualité, de la même façon que cela est fait pour les tableaux mis dans l'atelier.

Mode de récapitulation des indices de qualité

Induits $p = 4,36\%$		$p = 3,20\%$
----------------------	--	------------------

Nous pouvons disposer d'une feuille par usine où nous enregistrons les résultats de chacune des chaînes et d'une feuille globale où nous pouvons enregistrer les indices relatifs aux différentes usines.

Les changements de pourcentages de référence correspondant à une amélioration de la qualité sont indiqués clairement.

Nous pouvons enregistrer également, d'une part, les quantités U_0 de chaque chaîne et surtout les quantités U_{0k} qui sont égales aux quantités U_0 multipliées par un certain coefficient tenant compte du coût de l'appareil fabriqué et de la quantité produite.

Cet enregistrement est très utile, car il permet à l'Ingénieur en Chef ou au Chef du service de contrôle de la qualité de connaître dans quel domaine il doit faire porter les efforts.

CONCLUSION -

Nous pensons être arrivés ainsi à donner à chacun les résultats qu'il doit connaître en vue d'effectuer une action corrective rapide et correctement orientée. Toutes les actions correctives qui sont menées doivent aller dans le sens du maintien ou de l'amélioration de la qualité pour un coût minimum, ce qui est bien le but d'un service de contrôle de la qualité. Le dispositif fonctionne actuellement dans les deux usines où le contrôle de qualité est établi complètement et son intérêt grandira en s'appliquant bientôt aux autres usines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Industrial Quality Control Mars 1957
 - The Ampex Quality Rating System.
 - An application of the Bendix vendor Quality Rating system to a small plant.
- Industrial Quality Control - Novembre 1956
 - Quality control of complex assemblies.
- Industrial Quality Control - Juillet 1956
 - A check inspection and Demerit Rating Plan.
- Revue de Statistique appliquée. Vol. IV, n° 3.
 - Quelques exemples concrets d'application des méthodes statistiques au contrôle des fabrications et à la recherche aux Etats-Unis.