

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. COLIN

Le contrôle de la qualité dans l'industrie mécanique

Revue de statistique appliquée, tome 2, n° 4 (1954), p. 43-46

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1954__2_4_43_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/>

LE CONTROLE DE LA QUALITÉ DANS L'INDUSTRIE MÉCANIQUE

par

P. COLIN

Ingénieur à la Compagnie des Machines Bull

INTRODUCTION

Nous n'avons qu'un temps très limité pour traiter le sujet qui nous a été proposé par l'Association Française pour l'Accroissement de la Productivité et par le Centre de formation des ingénieurs et cadres aux applications industrielles de la Statistique. Pour que ces journées, dont celle-ci est la première, consacrées à l'Industrie Mécanique et à l'Automobile, soient néanmoins fructueuses, nous vous proposons :

— d'une part, de situer par quelques exemples les réalisations de l'Industrie française (à ce sujet, plusieurs personnes dans cette assistance pourront parler utilement pour tous de leurs observations et résultats, et, il serait nécessaire qu'elles le fassent en soulignant d'un trait caractéristique les applications en cours dans leur industrie);

— d'autre part, de prendre avantage de la présence parmi nous de MM. LITTAUER et BENSON pour entendre par leur voix, suite à des questions que nous leur poserons, quelques-unes des réalisations de l'industrie américaine.

ASPECT MÉTHODOLOGIQUE DU CONTROLE QUALITÉ

Pour situer dans le temps la contribution apportée par les méthodes statistiques au contrôle de la qualité, je me bornerai pour ma part à citer ici un exemple d'une réalisation française antérieure à 1940 qui montre l'effort, malheureusement interrompu par la guerre, qui a été fait dès cette époque et je demanderai à M. CAVÉ, Ingénieur Principal de l'Armement, dont vous connaissez sans doute les travaux originaux récemment publiés, de vous exposer ce qui marque le point d'avancement des applications françaises tant au point de vue théorique que dans la pratique des établissements d'armements.

Pour la période antérieure à la guerre, j'ai eu l'occasion de prendre connaissance d'un rapport sur les applications des méthodes statistiques aux usines CITROEN (Guttenberg Moteurs) et d'entrer en contact avec un ingénieur qui s'en est personnellement occupé. J'ai été frappé de constater que la plupart des applications telles que nous les trouvons actuellement dans l'Industrie mécanique, avaient alors été mises en route.

Tout d'abord un gros travail avait été entrepris pour revoir la définition des caractéristiques d'un point de vue contrôle :

Tous les défauts sont-ils définis ? Tout défaut mesurable comporte-t-il une tolérance ? Tout défaut toléré est-il contrôlable ?

Bien que, par principe, ce soit le rôle des Services d'Études, la pratique industrielle montre qu'une partie non négligeable des caractéristiques de qualité utiles sur une pièce doit être complétée et reprise d'un point de vue fabrication et contrôle. De plus, l'application de Plans de Contrôle qui fixent les modalités de contrôle et la décision finale (le

lot sera accepté dans tel cas et refusé dans tel cas) exige l'établissement, préalable à tout contrôle, d'une liste de défauts et un regroupement par importance. Jusqu'à présent, les Services d'Études n'ont généralement pas présenté leur analyse sous cette forme et c'est donc au Contrôle à le faire.

Un travail analogue avait été entrepris pour définir des caractéristiques appelées « points de fonctionnement », telles que jeux, couples, compression.

Nous ne pouvons pas entrer ici dans les détails de ce travail, mais il faut en retenir que la *définition préalable des défauts* est la première étape d'un contrôle rationnel.

Les défauts étant définis, un *contrôle à la réception* par plans de contrôle avait été mis en route. Le fait de déterminer des nombres à contrôler en fonction de l'efficacité à obtenir, et non plus suivant un pourcentage de l'effectif du lot, renversait les positions admises et représentait déjà un progrès considérable sur des erreurs qui, à la lumière des théories actuelles, nous apparaissent flagrantes.

Le *contrôle en cours* ne fonctionnait pas suivant les modalités pratiques qui permettent de lui donner sa pleine efficacité, mais les principes essentiels en étaient appliqués : graphiques de moyenne et d'écart-type et tracé des limites de contrôle.

Si imparfaites qu'aient été ces premières réalisations, elles ne sont pas, encore aujourd'hui, sans enseignement pour nous. Elles ont aussi le mérite de nous montrer que les initiatives prises par M. le Professeur DARMOIS et l'Ingénieur en Chef de l'Artillerie navale, DUMAS, pour souligner l'importance des méthodes statistiques appliquées à l'industrie, d'une part en 1938 au Congrès de la Société Française des Mécaniciens, d'autre part en 1939 dans les Mémoires de la Société Civile des Mécaniciens, n'étaient pas restées sans écho.

Le conférencier demande à M. ANXIONNAZ, Président de séance, de donner la parole à M. CAVÉ. Après avoir rappelé les principes généraux de contrôle en cours, M. CAVÉ souligne les derniers progrès qui ont été apportés aux méthodes classiques et les services qu'ils sont capables de rendre :

— d'une part, les règles d'application du contrôle en cours ne précisent ni le nombre à prélever, ni la fréquence des prélèvements. Or, il est possible, par la considération des courbes d'efficacité, de calculer ces deux facteurs pour réaliser un coût de contrôle minimum à efficacité donnée. Ce calcul, « affinement » des méthodes classiques, est rendu très praticable par l'existence d'abaques faciles à consulter;

— d'autre part, le contrôle par mesures peut, dans certains cas, n'être pas le mieux adapté à une fabrication à contrôler en cours de fabrication, soit parce qu'il prend trop de temps, soit parce que l'information qu'il donne sur la qualité n'est pas indispensable. Il peut être remplacé par un contrôle au gabarit, mais le nombre à prélever est alors beaucoup plus important. Toujours par la considération des courbes d'efficacité, il est possible de trouver des « gabarits modifiés » qui n'exigent, pour une même efficacité, qu'un prélèvement légèrement supérieur à celui des contrôles par mesures. Ainsi, les difficultés d'outillage de contrôle ou de coût qui ont parfois été soulevées au sujet de l'application du contrôle en cours par mesures, peuvent se trouver résolues par ces « méthodes nouvelles ».

AUTRES ASPECTS DU CONTROLE DE LA QUALITÉ DANS L'INDUSTRIE

Cet ensemble de méthodes dont M. CAVÉ vient de vous parler, ne donnent toutefois qu'une définition limitative du contrôle qualité dans l'industrie mécanique : lorsque ces méthodes doivent « s'insérer » dans l'industrie, les activités qu'elles mettent en jeu dépassent largement le seul aspect *technique*.

Je vais mentionner quelques uns de ces aspects autres que techniques, à partir d'un exemple concernant le très important problème de la détermination statistique des tolérances :

Lorsqu'une tolérance fonctionnelle est fixée pour un ensemble, la règle classique consiste à diviser cette tolérance par le nombre de pièces composantes.

D'après cette règle, une tolérance fonctionnelle de 12/100 pour un assemblage de 12 pièces entraîne la fixation d'une tolérance de 1/100 pour chaque pièce compo-

sante. Il est bien évident que, si valable que soit la tolérance fonctionnelle de l'assemblage, une telle tolérance de pièces composantes peut difficilement être réalisée à un coût normal : pour la « tenir », des procédés particulièrement soignés doivent être mis en œuvre et sans doute faut-il trier les pièces avant montage et en rejeter un pourcentage important.

C'est déjà là un premier inconvénient, mais un inconvénient nécessaire si la qualité demandée pour les pièces composantes est vraiment indispensable. Or, les lois de composition statistique des assemblages montrent que les valeurs extrêmes des assemblages obtenus à partir de valeurs composantes toutes au minimum ou toutes au maximum, si elles sont théoriquement possibles, sont peu probables et peuvent être considérées comme irréalisables pratiquement. Il en résulte que les tolérances des pièces composantes peuvent être fixées plus larges que celles obtenues en divisant la tolérance fonctionnelle par le nombre de composantes tout en permettant d'obtenir la quasi totalité des assemblages à la tolérance demandée : les pièces composantes de tolérances élargies sont plus faciles à réaliser et à un prix de revient moindre.

Cette solution technique, si elle présente un aspect économique dû à une meilleure méthode, a aussi un aspect, disons psychologique, car elle met en cause d'une part, les relations entre les services de la même entreprise, d'autre part la définition même de la qualité.

En effet, lorsque les tolérances sont dures à tenir, plus serrées qu'il n'est vraiment nécessaire pour rester dans les limites d'un risque admissible, il arrive qu'un jour ou l'autre des considérations de délai conduisent à faire accepter un lot particulier, soit sans tri, soit d'une manière plus libérale que ne l'exige l'application stricte des tolérances du dessin.

Si les pièces ainsi acceptées s'assemblent sans ennui, sans contestation de la part des services de montage (nous avons dit que c'était possible tout en restant dans la tolérance fonctionnelle d'assemblage), le Service de Contrôle, ignorant que ce résultat peut être l'effet des lois de composition statistique, l'interprète par la fixation sur les dessins de tolérances fonctionnelles « trop serrées » et y trouve une justification anticipée à ne pas respecter les plans toutes les fois où « l'élargissement » des tolérances simplifiera son travail. C'est la porte ouverte à l'arbitraire et le discrédit jeté sur les exigences des Services d'Etudes.

Cette première initiative du Service de Contrôle risque de se généraliser et comme elle n'est pas officielle, elle n'est pas non plus consignée, de telle sorte que le jour où, par suite d'une acceptation trop libérale de certaines pièces, il se produit des ennuis graves au montage, personne n'en connaît la vraie raison. Si le Service des Etudes est alerté, il est plutôt incité à resserrer les tolérances déjà trop serrées qu'à les réviser pour les rendre réalisables et raisonnablement acceptables pour tous. La définition de la qualité, au lieu de s'améliorer par l'expérience, s'éloigne de plus en plus des exigences de la production, de telle sorte que tout dialogue devient impossible entre services de la même entreprise.

C'est l'ignorance de la nature aléatoire des lois d'assemblage qui est à la source de cette incompréhension réciproque et c'est le rôle de méthodes statistiques de dissiper ce malentendu. Il faut trouver un compromis entre la qualité souhaitée par les Services d'Etudes et la qualité réalisable à un coût normal par les Services de Fabrication. Ce compromis consiste à élargir les tolérances des composants d'un assemblage, quitte à accepter quelques risques sur l'assemblage final, de telle sorte que le coût d'ensemble s'en trouve réduit.

Une étude statistique permet de chiffrer les risques. Les nouvelles tolérances établies sur cette base deviennent impératives pour les Services de Fabrication et ferment la porte à l'arbitraire des Services de Contrôle. Ne vaut-il pas mieux, en effet, accepter des risques connus que de prétendre vouloir imposer des exigences qui ne peuvent pratiquement pas être tenues parce que leur coût n'est pas du même ordre de grandeur que les avantages qu'il y aurait à s'y tenir à 100 % ?

L'examen de cette situation, tel que nous l'avons schématisé, n'est pas particulier à l'industrie mécanique française. Les rapports étrangers, en particulier américains et anglais, sur cette question révèlent d'étranges similitudes et appellent donc les mêmes remèdes.

En premier lieu, se pose un problème d'*instruction du personnel* : si l'association à chaque valeur d'assemblage de la probabilité correspondante a souvent été pressentie par des techniciens non instruits des méthodes statistiques, elle ne peut servir de base pour définir la qualité que si chaque technicien sait avec précision à quoi correspond la notion de probabilité. Avant de mettre en route un système de détermination statistique des tolérances il faut donc consacrer un temps important à l'instruction du personnel et en profiter pour dénoncer les raisons du malentendu que nous avons signalé. C'est là un aspect indissociable de l'établissement d'un contrôle de qualité efficace.

En second lieu, il faut adapter les résultats statistiques dont le personnel a été instruit à l'*organisation* de l'entreprise, seul moyen d'en assurer l'application et la généralisation : par exemple, qui portera les nouvelles tolérances sur les plans, en fonction des risques qu'il est possible d'assumer au montage ? Les Services d'Etudes pourront-ils juxtaposer à leurs exigences théoriquement « exactes » des exigences qui tiendront compte de risques pratiques, si faibles soient-ils ?

Sera-ce au Bureau des Méthodes à transformer des tolérances d'Etudes en tolérances de fabrication et de contrôle ? Il y a là un problème de structure des Services et de liaisons internes dont la solution ne peut être trouvée que dans un schéma d'ensemble du Contrôle Qualité.

Enfin, la qualité débordant le cadre de l'entreprise, puisqu'elle est un des facteurs de transactions entre fournisseurs, façonniers, sous-traitants, vendeurs et clients, il faut que sa définition fasse l'objet d'une *Normalisation* intéressant la branche d'industrie. Au point de vue statistique, il y a encore presque tout à faire en ce qui concerne l'industrie mécanique et le problème particulier des tolérances.

Si, au lieu des tolérances, nous avons analysé une autre des applications des méthodes statistiques dans l'industrie mécanique, nous aurions également rencontré ces trois aspects très importants du Contrôle Qualité : Instruction du personnel, Organisation et Normalisation. Ce sont trois conditions à réaliser avant de pouvoir juger pleinement de l'efficacité des méthodes statistiques dans l'industrie.

Question posée à MM. LITTAUER et BENSON

Comment l'industrie américaine a-t-elle répondu aux nécessités de réorganisation soulevées par l'institution du Contrôle Qualité, en particulier comment le problème de la détermination statistique des tolérances a-t-il été résolu ?

M. LITTAUER cite l'exemple d'une pièce pour laquelle il a été amené à faire élargir la tolérance de plusieurs fois sa valeur et il souligne que l'enquête qu'il avait dû faire à ce sujet lui avait montré que le plus souvent ceux qui avaient fixé des tolérances au dix millième de pouce ignoraient la raison même de cette précision excessive et ne pouvaient pas la justifier. Par ailleurs, dès qu'on leur montrait ou démontrait la possibilité d'obtenir un résultat équivalent avec des tolérances beaucoup plus larges, ils étaient prêts à revoir leurs spécifications. Sans aller jusqu'à un changement de structure, il est possible et utile à un technicien d'étude de demander avis et conseil à un statisticien avant d'inscrire des tolérances sur un dessin.

M. BENSON souligne l'importance de cette question et signale que dans plusieurs entreprises qu'il connaît, les dessins passent dans un bureau d'études statistiques afin que les tolérances en soient revues et interprétées au point de vue de la qualité atteignable dans le cadre des résultats antérieurs et des lois de composition statistique.