

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

JOHN J. RIORDAN

JOSEPH A. GREENWOOD

Un programme destiné à contrôler et à assurer la qualité des produits

Revue de statistique appliquée, tome 7, n° 2 (1959), p. 5-26

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1959__7_2_5_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/>

UN PROGRAMME DESTINÉ A CONTROLER ET A ASSURER LA QUALITÉ DES PRODUITS (1)

par John J. RIORDAN
Directeur du Service d'Inspection et Contrôle
de Qualité – Secrétariat de la Défense – U.S.A.
et Joseph A. GREENWOOD
Mathématicien – Ministère de la Marine – U.S.A.

La présente étude comprend essentiellement deux parties. La première est une description d'un large programme à direction centrale destiné à assurer la qualité des produits. La caractéristique principale de ce programme est un "standard de système de contrôle de la qualité" applicable à tout l'ensemble des opérations de fabrication. Un prototype d'un tel standard est donné dans le texte.

La seconde partie est une discussion de certaines techniques statistiques et autres ayant trait à l'évaluation de la qualité des produits. Ces techniques peuvent être utilisés pour aider en partie à réaliser le programme général.

Le contrôle de la qualité de produits manufacturés est un sujet de grande importance qui affecte à un degré de plus en plus marqué les consommateurs, les fabricants et l'économie mondiale. Bien que toute une série d'autres facteurs entrent également en ligne de compte, la seule qualité des produits a probablement toujours exercé une influence de premier plan sur l'issue de la compétition industrielle et sur le comportement des consommateurs. En outre, l'importance de la qualité s'est accrue avec le développement de la technologie moderne, l'industrialisation progressive de nations autrefois agricoles et le développement de blocs économiques internationaux.

Après avoir indiqué certains aspects de la signification du contrôle de la qualité, la présente étude essaiera de définir un programme – adaptable à une seule fabrique ou à l'ensemble de l'industrie d'un pays – permettant d'organiser et de réaliser un tel contrôle. Certaines techniques statistiques et autres d'inspection des produits seront présentées de façon relativement détaillée. Une telle inspection est essentielle à l'efficacité de tout système destiné à assurer la qualité des produits.

(1) Communication présentée au Congrès de l'Organisation Européenne pour le Contrôle de la Qualité - Essen - Septembre 1958.

LA SIGNIFICATION DE LA QUALITE DES PRODUITS.

Qualité et prééminence industrielle.

L'Histoire fournit maints exemples du fait que certains producteurs et certains pays, à cause de la qualité éprouvée de leurs produits, ont dominé pendant longtemps certaines industries. L'Allemagne par exemple, a longtemps occupé la première place dans le monde, dans la production d'instruments d'optique et de produits chimiques.

Dans le passé, une telle prééminence a bien pu survenir sans plan conscient, c'est à dire qu'elle s'est développée à partir de tout un ensemble complexe d'influences intellectuelles ou comme le résultat naturel de progrès accomplis dans une économie scientifiquement avancée. Aujourd'hui, par contre, une réputation méritée de qualité - avec les avantages économiques qu'entraîne une telle réputation - est plus vraisemblablement obtenue par des efforts rationnels orientés vers la qualité optimum des produits.

La qualité et le consommateur individuel.

Un pas a été fait dans le sens de la garantie de la qualité lorsque, dans une atmosphère rendue confuse par les affirmations et les surenchères de la publicité, on assista dans certains pays à la création

- a/ de services chargés de fournir des informations sur les résultats de tests accomplis avec des produits compétitifs et
- b/ de "labels" d'approbation délivrés par certains périodiques, laboratoires et groupes commerciaux.

Des tests et labels de ce genre peuvent donner une protection partielle au consommateur. Mais généralement, ils sont loin d'être adéquats lorsque c'est de la sûreté du produit qu'il s'agit. Certains programmes de tests n'utilisent qu'un échantillonnage vraiment très petit de chacune des qualités comparées de sorte que, statistiquement parlant, les contrastes résultants ne signifient pratiquement rien. Quant aux labels d'approbation, les raisons en vertu desquelles ils sont accordés sont trop fréquemment peu claires. Et lorsque ceux qui attribuent ces labels se font rétribuer par ceux qui en font usage, le processus d'attribution risque d'être contaminé par un motif de profit.

Un programme vraiment sûr et complet de garantie de la qualité demande bien davantage qu'un examen du produit fini. Bien entendu, la qualité d'un produit doit pouvoir supporter un examen avant que le produit soit emballé, mais l'inspection finale n'a en elle-même qu'une importance très limitée pour un grand nombre de produits modernes. Des tests définitifs de permanence de la qualité et de longévité sont fréquemment impossibles.

Beaucoup des parties constituantes d'un moteur électrique, par exemple, ne peuvent être vues - et à plus forte raison évaluées - sans un démontage complet. On peut déterminer si le moteur fonctionne ou non en le branchant sur le secteur électrique et en le mettant en marche, mais on ne peut mettre sa robustesse à l'épreuve qu'en le faisant opérer sous charge et en déterminant combien de temps il lui faut pour "griller" ou se détériorer d'une façon quelconque.

Pour pouvoir garantir valablement la qualité, il est nécessaire d'établir des standards de production s'appliquant à la conception du produit, aux matières premières, à tous les stades du processus de fabrication, ainsi qu'à l'emballage, au marquage et au conditionnement qui suivent la fabrication proprement dite. A de tels standards doivent s'ajouter des méthodes ayant pour but de vérifier objectivement que le producteur s'est conformé aux exigences fixées. Pour être complet, un tel programme devrait également suivre le produit jusque dans la

maison du consommateur et estimer sa qualité dans des conditions réelles d'emploi.

Produits complexes ; les industries en tant que consommateurs.

La technologie moderne tend à créer des produits d'une haute complexité, tels que des avions et des organes électroniques, qui sont des combinaisons de sous-assemblages. Ces sous-assemblages comprennent à leur tour une multitude d'éléments constitutifs. Nécessairement, les fabricants sont donc devenus en nombre de plus en plus importants les consommateurs des produits d'autres fabricants. En conséquence, la nécessité d'appliquer simultanément de hauts standards de contrôle de la qualité à un grand nombre de fabriques et d'industries s'accroît de façon critique si l'on veut avoir la certitude que le résultat final de l'assemblage de produits remplira ses fonctions de façon sûre.

La confiance statistique que l'on peut accorder à un produit est un important aspect de sa qualité. Il est pertinent de noter ici que la confiance générale que l'on peut accorder à un assemblage de constituants indépendants est le produit des coefficients de confiance de tous les constituants.

$$(S. \text{ assemblage} = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n).$$

Si un assemblage comprend 100 constituants indépendants et que la sûreté de chacun est de 0,99, la confiance générale accordée à l'assemblage sera de $(0,99)^{100}$, soit de 37 % seulement.

Ainsi donc, à moins que chaque constituant ne soit pratiquement parfait, on ne peut presque pas s'étendre à ce que le produit assemblé soit même modérément sûr. La possibilité de garantir une sécurité générale dépend de l'établissement d'un programme centralisé de contrôle de la qualité qui s'étend bien au-delà des limites de l'endroit où le produit final est assemblé et qui englobe chacune des fabriques qui fournissent un constituant.

Avantages du contrôle de la qualité.

Certains des avantages potentiels de programmes efficaces de contrôle de la qualité ont déjà été mentionnés directement ou implicitement : le consommateur individuel serait certain de la qualité du produit qu'il achète, les industries qui sont également des consommateurs pourraient garantir la qualité générale d'assemblages complexes d'éléments constitutifs. Et de tels programmes pourraient jouer un rôle constructif dans la compétition économique ; chaque fabricant, ou une coalition de fabricants, ou même l'ensemble de l'industrie d'une nation ayant une possibilité de se créer une réputation de réelle qualité et de s'assurer en conséquence un avantage sur le marché.

Le contrôle de la qualité peut également diminuer le gaspillage en matières premières, en main-d'oeuvre et en équipement. Il peut réduire à sa plus faible expression la production d'articles défectueux. Ces articles défectueux, qui surviennent dans la production, obligent à consacrer des coûts et des efforts dépassant la normale à l'inspection du produit fini.

Il existe un autre genre de gaspillage, et c'est la "qualité excessive". L'objectif du contrôle de la qualité, c'est d'obtenir la qualité optimum pour le but à atteindre. Pour certains produits, un usinage de précision n'est pas nécessaire. D'autres produits doivent être pratiquement parfaits pour être acceptables. Un planning efficace peut établir des objectifs de qualité qui déterminent un équilibre judicieux entre la qualité satisfaisante et les coûts.

La stricte application de standards de travail est particulièrement avantageuse pour la production en masse. Un procédé accéléré qui peut produire à grand rendement des articles conformes aux normes peut produire tout aussi rapidement

des articles inférieurs lorsque les contrôles font défaut. En outre, la production de masse dépend dans une très large mesure du degré dans lequel certains genres d'éléments constitutifs peuvent être reproduits avec précision, et, par là, être interchangeables.

Le contrôle permettant d'obtenir l'interchangeabilité est économiquement profitable et techniquement essentiel, mais il ne peut être atteint que par des procédés efficaces réduisant au minimum les variations de la qualité.

Un système de contrôle de la qualité bien organisé devrait également promouvoir la "compréhension" entre consommateurs et vendeurs. Un tel système devrait permettre aux fabricants qui ont souscrit aux standards établis par un organisme centralisé de contrôle de la qualité et dont on s'est assuré qu'ils se sont conformés à tous les critères, de faire état dans leur publicité du fait que leurs produits ont été jugés satisfaisants. Ce genre de "cachet d'approbation" - basé sur des faits vérifiés documentés et complets - garantirait au maximum l'assurance de la qualité. Et comme le système collecterait et communiquerait des données sur la performance réelle de produits dans leur utilisation par les consommateurs, les fabricants pourraient se servir de ces informations pour modifier de futurs produits et les améliorer sans cesse.

MESURES A PRENDRE POUR ETABLIR UN PROGRAMME DE CONTROLE

Caractéristiques essentielles de programmes efficaces.

Pour plus de clarté, il convient de définir un genre particulier de programme de contrôle - programme qui sera national dans sa portée qui sera administré centralement par un organisme non gouvernemental et qui groupera seulement les fabricants qui accepteront volontairement d'y souscrire et de s'y conformer. Toutefois, cela ne signifie pas que la présente discussion ne sera valable que pour les programmes de ce genre particulier. Les éléments essentiels peuvent être considérés comme communs à tous les plans efficaces de contrôle de la qualité.

Un plan efficace, qu'il soit appliqué localement à une seule fabrique produisant des produits relativement simples, ou internationalement pour obtenir un genre de "marché commun" de la qualité de production, doit être centralisé.

Il doit relever des échelons supérieurs de la gestion administrative et non pas être subordonné aux fonctions de production ou de distribution.

Que l'administration d'un plan soit gouvernementale ou non gouvernementale et que la coopération de l'industrie soit volontaire ou forcée, il est nécessaire, pour mettre un programme en route, que s'exerce une pression d'un genre ou d'un autre servant à inviter les intéressés à se conformer au dit programme. Puisqu'il est volontaire, le plan décrit ici aurait recours à la persuasion. Il donnerait aux consommateurs une garantie réelle et vérifiable de qualité. Il offrirait aux fabricants :

- a/ l'avantage économique de pouvoir mentionner dans leur publicité que l'organisme de contrôle a approuvé leurs produits et
- b/ des comptes-rendus valables sur la réaction des consommateurs.

Les producteurs qui ne voudraient pas adhérer au plan seraient donc mis en désavantage.

La première tâche qu'un organisme de contrôle doit envisager consiste à définir les éléments essentiels d'un système satisfaisant de contrôle de la qualité et de formuler des méthodes permettant de déterminer si un fabricant a bien respecté les prescriptions qui lui étaient faites.

Résumé des mesures à prendre.

En organisant un programme général de contrôle de la qualité, l'organisme responsable :

1/ détermine les exigences générales essentielles dont les opérations de fabrication doivent faire l'objet avant que l'on puisse supposer valablement que la qualité d'un produit est satisfaisante. (Ces exigences comprennent :

- a/ contrôle de la qualité en tant que fonction administrative ;
- b/ procédés spécifiés pour la conception des produits ;
- c/ préparation, tests, inspection et planning dans le cadre de la pré-production ;
- d/ détails de toutes les opérations de production ;
- e/ inspection, tests, conditionnement et enregistrement des résultats dans le cadre de la post-production ;
- f/ distribution, marquage, publicité etc.).

2/ publie les spécifications de ces exigences dans une norme.

3/ invite les producteurs à souscrire à cette norme, une adhésion vérifiable et documentée à cette norme devant être une condition préalable à l'approbation du produit.

4/ autorise ceux qui ont souscrit à la norme et qui s'y conforment, à faire état dans leur publicité de l'approbation de l'organisme.

5/ fournit périodiquement aux producteurs qui ont souscrit à la norme les informations recueillies par les inspections et de la bouche des consommateurs au sujet de la qualité du produit.

Appréciation des adhérents à la norme.

Préparée avec imagination et intelligence conduite, l'opération destinée à déterminer si un fabricant a rempli ou non les obligations qu'impliquent son adhésion à la norme et mérite donc l'approbation de l'organisme n'aura pas l'air d'une investigation. En procédant à l'appréciation, on pourra à la fois donner des conseils et maintenir les choses en ordre. On servira en effet les intérêts mêmes du producteur en attirant son attention sur des circonstances et des faits qui lui auront échappé, mais qui sont préjudiciables à la qualité du produit. Un tel service augmenterait les ressources d'exploitation des producteurs et, en définitive, réduirait les coûts de sa production.

En procédant à son appréciation, l'organisme accordera une attention particulière :

a/ à l'indépendance de la fonction de contrôle dans le cadre de l'entreprise et au fait que son statut doit être celui d'une fonction relevant de l'échelon supérieur de la gestion administrative.

b/ à la mesure dans laquelle les plans écrits de contrôle de la qualité sont mis au point et appliqués réellement dans les processus de travail et

c/ à la nature et à la précision des méthodes d'inspection et d'essai du producteur, l'examen des caractéristiques spécifiques inspectées et de la valeur statistique des plans d'échantillonnage en usage.

MISE AU POINT D'UNE NORME

Le but de la norme.

En mettant au point une norme de qualité, l'organisme de contrôle de la qualité des produits a la responsabilité de protéger le consommateur, qu'il soit individuel ou industriel. Ceci s'accomplit en traduisant les facteurs dont dépend la protection des consommateurs par des spécifications qui définissent clairement

les obligations du producteur. Ceci oblige le producteur à fabriquer un produit qui ne passera pas seulement avec succès l'examen plus ou moins rapide auquel le soumettra l'acheteur au moment de la vente, mais qui donnera des résultats satisfaisants pendant toute la durée de son existence.

Pourtant, l'organisme de contrôle ne peut avoir pour objet de fixer indéfiniment une certaine forme de conception technique et de décourager le progrès technologique. Le but de la norme est d'assurer un niveau adéquat de qualité et non pas de perpétuer certaines méthodes permettant d'atteindre cette qualité. Le fabricant demeure entièrement libre d'exercer son imagination et son esprit inventif en vue d'améliorer son produit et les méthodes qu'il applique pour le fabriquer. Lorsque le producteur adhère à une norme, il donne son accord à ce que les articles fabriqués par lui soient produits dans des conditions contrôlées et que son opération de contrôle de la qualité soit sujette à des examens et vérifications de la part de l'organisme.

Une proposition de norme type.

Ce chapitre présente comme exemple un ensemble de prescriptions explicites sous une forme montrant à quoi pourrait ressembler une norme classique et quels genres de détails elle renfermerait.

Les prescriptions formulées ici ne doivent pas être considérées comme rigides ; en réalité, elles sont offertes comme des exemples des prescriptions qu'un organisme de contrôle envisagerait lorsqu'il essaierait de créer une norme. En pratique, une norme devrait être faite "sur mesure" afin de correspondre aux particularités d'un produit ou d'une industrie donnés. En outre, elle devrait être adaptée au climat industriel local dans lequel elle serait destinée à être appliquée ; il serait peu sage d'essayer de faire respecter une norme extrêmement stricte dans une économie qui en serait encore aux premiers stades de son industrialisation.

Une norme telle que celle proposée ici représente un grand pas en avant vers la protection des consommateurs individuels et industriels. Si elle est respectée, elle établit un état de choses en vertu duquel la qualité peut être considérée comme étant protégée. Mais il ne faut pas oublier que l'ultime test de la qualité d'un produit, c'est sa performance. Il en découle que les informations fournies aux producteurs sur la performance de leurs produits pourraient très bien être utilisées, lorsque le besoin s'en fait sentir, comme base de révision de la norme.

Il faut faire remarquer à l'avance que, bien que la méthodologie statistique soit mentionnée dans la norme, elle n'est pas traitée comme le facteur dominant à prendre en considération pour assurer la qualité des produits. Les techniques statistiques sont indispensables, mais il y a d'autres facteurs qui sont tout aussi importants pour un programme efficace de qualité.

Exemple : Norme de systèmes de contrôle de la qualité.

1. Objet

1.1. *Applicable*. à tous les produits manufacturés par l'adhérent, à moins que des produits bien définis en soient formellement exclus.

1.2. *But*. La spécification définit les contrôles qui doivent être appliqués par le producteur s'il veut que son programme soit approuvé pour sa qualité par l'organisme. Ces contrôles constituent collectivement le "système de contrôle de la qualité" du producteur. L'ultime objectif de cette spécification est de garantir que les produits délivrés aux consommateurs soient conformes à des prescriptions de qualité établies.

1.3. *Définition du système de contrôle de la qualité du producteur*. Une série judicieuse et conçue à l'échelon administratif d'opérations, examens, mesures, tests et évaluations définis, coordonnés et intégrés, s'appliquant à la conception, à la fabrication et au conditionnement de mise en vente de manière à garantir que les produits délivrés aux consommateurs ont une qualité satisfaisante en matière d'usinage, de conformité aux prescriptions établies et d'accomplissement en service.

2. Références applicables.

2.1. *Standards*. Spécifications et standards convenables pour la mesure, le calibrage, l'échantillonnage et l'essai de produits. (Le but de ce chapitre est d'englober par référence des spécifications et standards et d'établir un langage commun et des unités de mesure communes entre tous ceux qui souscrivent à la spécification).

3. Prescriptions.

3.1. *Prescriptions générales*. Les adhérents à la présente spécification sont d'accord pour appliquer les procédés et les contrôles définis dans cette spécification ainsi que dans les spécifications et les standards indiqués ci-dessus en référence. L'approbation délivrée par l'organisme peut être suspendue ou retirée si le producteur n'institue pas ou n'applique pas ces contrôles. Les représentants de l'organisme sont autorisés à examiner les opérations de fabrication et de mise en vente afin de vérifier si le producteur se conforme à cette spécification.

3.2. *Organisation*. La responsabilité pour la qualité des produits sera remise entre les mains d'une entité d'organisation séparée de la production et des ventes et dirigée par un administrateur responsable envers la personnalité administrative dirigeante dont relève l'activité de l'adhérent.

3.2.1. Le système de contrôle de la qualité sera prévu et réalisé comme un programme de gestion administrative. Le système s'appliquera à toutes les phases de l'opération industrielle, c'est à dire, de la conception jusqu'à la mise en vente. Les éléments spécifiques que doit présenter le système sont indiqués ci-dessous sous cinq titres :

- 1/ prescriptions relatives à la conception ;
- 2/ pré-production ;
- 3/ production ;
- 4/ post-production et
- 5/ mise en vente.

3.3. *Conception*. La conception du produit sera décrite à l'aide d'une terminologie standard et d'unités de mesure standards précisées au paragraphe 2.1. ci-dessus.

3.3.1. Les matières premières et les éléments constitutifs seront appréciés antérieurement à leur incorporation dans des plans de conception, c'est à dire éprouvés, mis à l'essai ou analysés de quelque autre manière.

3.3.2. Les modifications et les changements de plans devront se faire en tenant compte de la nécessité de maintenir l'interchangeabilité et la configuration originale de l'ensemble.

3. 4. *Pré-production.*

3. 4. 1. Des instructions appropriées devront être préparées pour l'usage du personnel des ateliers. Ces instructions s'appliqueront à l'entretien de l'équipement, aux opérations de travail, au jaugeage, à l'analyse de l'usure des outils et instruments et au calibrage.
3. 4. 2. Des instructions écrites d'inscription, comprenant des classifications de défauts et des plans d'échantillonnage, seront préparées pour les matières premières, les éléments constitutifs, les produits semi-finis et finis. Des plans d'échantillonnage seront établis en détail, ou bien des procédés d'échantillonnage seront spécifiés par référence à des tableaux nationaux d'échantillonnage.

3. 5. *Production.*

3. 5. 1. Contrôle des achats. Les pièces, éléments constitutifs, sous-assemblages, et assemblages qui auront été achetés seront soumis à une inspection servant à s'assurer de leur conformité avec les prescriptions. L'importance de cette inspection sera déterminée d'après la fonction que l'article acheté sera destiné à remplir dans le produit final.
3. 5. 2. Contrôle des matières premières ; les matières premières seront soumises à des essais physiques et chimiques convenables soit dans l'usine du producteur, soit dans un laboratoire convenablement équipé pour faire les essais requis.
3. 5. 3. Méthodes de contrôle de la fabrication. Des postes d'inspection seront installés et maintenus à des points convenablement choisis du processus de fabrication de manière à s'assurer un contrôle continu des pièces, éléments constitutifs, sous-assemblages, assemblages et produits finaux. Des méthodes statistiques de contrôle de la fabrication seront utilisées lorsque cela sera essentiel pour le contrôle.
3. 5. 4. Procédés spéciaux. Des procédés tels que le soudage, les rayons X, l'inspection magnétique de particules, les essais à l'ultra-son, les traitements à chaud, la galvanoplastie seront sujets à un contrôle vérifiable servant à garantir que le produit final est conforme aux standards de qualité établis, y compris ceux indiqués en référence au paragraphe 2. 1. ci-dessus.
3. 5. 5. Contrôle des spécifications, des dessins et des changements. Un système sera créé et entretenu afin de garantir que les spécifications, dessins et prescriptions techniques les plus récemment applicables soient disponibles au moment et au lieu de l'inspection. Les changements seront réalisés d'une manière qui assurera leur accomplissement sur l'élément constitutif, le sous-assemblage, etc., en question au point efficace spécifié de la fabrication.
3. 5. 6. Indication de l'état d'inspection. Un système permettant de reconnaître l'état d'inspection de matériel en cours d'usinage devra être institué.

- 3.5.7. **Matériel non conforme.** Le matériel non conforme aux prescriptions sera détourné des voies normales d'acheminement de matériel et convenablement marqué pour en prévenir l'usage dans la ligne de production. Les causes de la non-conformance seront déterminées et corrigées.
- 3.6. *Post-production.*
- 3.6.1. **Inspection et essai du produit fini.** Le produit fini sera soumis aux examens et aux tests nécessaires en vue de déterminer sa conformité aux spécifications et exigences fixées.
- 3.6.2. **Conditionnement et marquage.** Un contrôle des opérations de conditionnement et de marquage se fera de manière à garantir que le produit fini ne soit pas endommagé pendant l'expédition et que l'article soit correctement marqué de façon conforme à la vérité.
- 3.7. *Mise en vente.*
- 3.7.1. **Publicité.** Les producteurs peuvent mentionner dans leur publicité que leurs produits sont fabriqués conformément aux prescriptions du système de contrôle de la qualité de l'organisme.

Il est expressément souligné que les paragraphes précédents sont destinés à illustrer ce qui pourrait utilement être inclus dans une norme. Des points supplémentaires pourraient très bien être ajoutés ; tandis que certains qui s'y trouvent pourraient être supprimés. De même, il pourrait être judicieux de donner à certains paragraphes une forme considérablement plus détaillée.

INSPECTION DES PRODUITS

Les éléments.

A la base de tout système général destiné à assurer la qualité des produits se trouvent des méthodes efficaces d'inspection et de mise à l'essai :

- a/ des matières premières et des éléments constitutifs,
- b/ du produit à chacun de ses stades de fabrication et
- c/ de l'article terminé lui-même.

Avant de pouvoir mettre en route des opérations d'inspection efficaces, il faut trouver une solution à certains problèmes administratifs. Ces problèmes comprennent les moyens grâce auxquels les critères d'évaluation sont établis et publiés, la sélection et la répartition du personnel ainsi que des considérations légales et des responsabilités d'organisation. De tels sujets sont trop complexes pour être traités dans le présent ouvrage.

A part le domaine administratif, les éléments essentiels de l'inspection des produits peuvent être discutés en deux chapitres, à savoir celui des problèmes technologiques et celui du prélèvement d'échantillons. Chacun de ces chapitres sera traité de façon un peu détaillée.

Le problème technologique.

Ce que l'on doit inspecter. Le problème technologique consiste au premier chef à analyser les produits pour déterminer quelles caractéristiques devraient être examinées ou mises à l'essai et quels sont les degrés d'importance relative de ces caractéristiques. Ceci laisse entendre qu'il est pratiquement impossible d'examiner chacune des caractéristiques d'un produit. Quelles sont les caractéristiques qui influent le plus sur la performance des produits et sur

leur acceptation par le consommateur ? Eu égard à l'examen d'échantillons prélevés, quelle est la meilleure manière de classer ces caractéristiques en catégories reflétant différents niveaux d'importance ? Telles sont les questions qui constituent le problème technologique en ce sens que les réponses à ces questions représentent des décisions d'ordre technologique. Le fait même que ces questions soient posées implique que le soin d'y répondre, ainsi qu'à d'autres questions similaires, ne devrait pas être laissé à un processus subjectif de prises de décisions.

Il peut y avoir une variété de réponses pratiques à ces questions. Cependant, on ne trouvera pas ces réponses dans des livres ou journaux de technologie. L'insuffisance de la bibliographie existant sur ce sujet est particulièrement difficile à comprendre si l'on considère l'extrême ampleur de la bibliographie dont on dispose au sujet des techniques d'échantillonnage. Il n'est pas moins important d'identifier et de classer objectivement les caractéristiques de qualité d'un produit que d'indiquer des plans d'échantillonnage à courbes de caractéristiques opérationnelles connues. Il est difficile de tirer le meilleur parti de techniques d'échantillonnage hautement perfectionnées à moins que les caractéristiques de qualité auxquelles elles s'appliquent ne soient déterminées avec conscience et objectivité.

La classification de défauts. Le moyen de résoudre avec le plus de succès le problème technologique est une méthode appelée la Classification des Défauts (CD). La technique de la CD n'est pas entièrement satisfaisante. Elle a besoin d'être perfectionnée. Cependant, elle est largement utilisée et elle est en train d'être adoptée de plus en plus chez les ingénieurs qui veulent donner à l'inspection un fondement plus économique et plus objectif.

Classification de méthodologie. Il va de soi que, tandis que les conceptions et méthodologies fondamentales permettant de classer les défauts sont les mêmes pour tous les équipements, les problèmes d'ordre méthodologique rencontrés en préparant la classification d'équipements mécaniques lourds et complexes sont sensiblement plus grands que lorsqu'il s'agit d'articles simples, tels que la petite quincaillerie. Cependant, il est une méthode ordonnée et systématique de classement des défauts et de préparation de programmes d'inspection et d'essai qui peut être appliquée pratiquement à tous les articles, quelle que soit leur complexité. Pour mieux faire comprendre cette méthode, indiquons qu'elle comprend les mesures fondamentales suivantes :

1/ La collecte et l'organisation de sources (bleus, spécifications écrites et autres références) nécessaires à une étude complète du plan de l'objet conçu.

2/ La détermination des objectifs de la conception. Quel est le but de ce produit ?

3/ L'organisation du plan d'assemblage. Comment pouvons-nous subdiviser logiquement ce produit en ses éléments d'assemblage majeurs et mineurs et ces éléments eux-mêmes en leurs nombreux éléments constitutifs et pièces ?

4/ La délimitation des unités d'inspection. Quels sont exactement les assemblages, les sous-assemblages, les éléments constitutifs etc., que nous allons inspecter ?

5/ La classification des caractéristiques de qualité des unités d'inspection.

Chacune des mesures mentionnées ci-dessus pourrait faire l'objet d'une discussion prolongée. Pour conserver à la présente étude un volume raisonnable, la discussion sera limitée à la mesure finale, à savoir le mode réel d'évaluation de la gravité potentielle de caractéristiques de qualité non conformes aux normes.

Pour préparer une classification des défauts, l'ingénieur chargé du contrôle de la qualité doit d'abord acquérir une certaine orientation mentale qui l'amène à penser en termes de caractéristiques de qualité plutôt qu'en articles ou produits complets. En d'autres mots, il devra considérer une caractéristique spécifique ou une propriété d'un article plutôt que l'article en lui-même. Par exemple, on pense à des organes d'atterrissage comme à un équipement "critique". Mais en préparant une CD, il est nécessaire de faire pour l'instant abstraction du produit et de penser dans les termes de la caractéristique spécifique prise en considération (par exemple résistance à la traction).

Définitions militaires de défauts. Bien entendu, tous les défauts pourraient être considérés comme ayant la même importance, c'est à dire qu'il pourrait n'y avoir qu'une seule catégorie de défauts. Mais cela signifierait que nous rejeterions des articles présentant des défauts insignifiants au même titre que des articles présentant des défauts très importants. Pour cette raison, il est avantageux de grouper les défauts en différentes classes en fonction de leur importance. Par exemple, le Military Standard 105, "Procédés et tableaux d'échantillonnage pour inspections par attributs", établit trois catégories; critique, majeur et mineur. Ces catégories sont définies de la façon suivante :

1/ Défauts critiques. Un défaut critique est un défaut au sujet duquel la raison et l'expérience indiquent qu'il pourrait en résulter des conditions dangereuses ou peu sûres pour les individus utilisant ou gardant le produit ; ou bien, pour les grandes unités finales de production telles que les bateaux, les avions ou les tanks, un défaut qui pourrait les empêcher d'accomplir leurs fonctions tactiques.

2/ Défauts majeurs. Un défaut majeur est un défaut autre que critique qui pourrait empêcher ou réduire sensiblement l'utilisation de l'unité de production pour l'usage auquel elle est destinée.

3/ Défauts mineurs. Un défaut mineur est un défaut qui ne réduit pas sensiblement les possibilités d'utilisation de l'unité de production pour l'usage auquel elle est destinée ou une déviation du standard fixé qui n'a pas d'influence notable sur l'usage ou l'opération de l'unité.

Les définitions données ci-dessus sont largement acceptées et largement utilisées tant dans l'industrie que dans les milieux gouvernementaux. A l'origine, ces définitions avaient été préparées spécialement pour être utilisées par les organismes militaires chargés de préparer des spécifications d'inspection pour l'approvisionnement militaire. Etant donné que le Military Standard 105 A est également utilisé dans l'industrie sur une large échelle, il est recommandable d'accepter ces définitions comme standards lorsque l'on prépare des CD.

Définitions industrielles de défauts. Toutefois, dans une industrie ou une usine donnée, il est tout à fait pratique et probablement avantageux de formuler ses propres définitions de défauts critiques, majeurs et mineurs. Par exemple, une grande organisation de commerce en marchandise classe de la façon suivante les défauts potentiels :

1/ Critiques ceux qui pendant la manutention ou l'utilisation du produit, pourraient entraîner des blessures du personnel.

2/ Majeurs ceux qui pourraient avoir un résultat de mécontenter un client à cause de l'effet du défaut sur la fonction ou l'aspect du produit.

3/ Mineurs ceux qui, d'ordinaire, ne mécontenteraient pas le client, mais qui auraient pour résultat de rendre le produit inférieur aux standards usuels de qualité.

4/ Sans importance ceux qui sont considérés comme ne rendant pas un article inférieur aux standards.

Les définitions données ci-dessus sont particulièrement bien choisies pour le but auquel elles sont destinées, à savoir l'inspection de biens de consommation antérieurement à leur mise en vente dans des magasins de détail.

Une fabrique importante de machines définit les défauts majeurs de la façon suivante :

1/ Défauts qui pour qu'on puisse y remédier correctement, nécessitent des pièces, outils ou calibres que ne renferme pas la trousse d'outils du client.

2/ Défauts qui nécessitent l'enlèvement et le démontage d'une unité importante de la machine.

3/ Défauts qui ne peuvent être facilement détectés ou identifiés tels que ceux de connections électriques, et qui entraînent donc du temps de service excessif.

Dans cet exemple, la fabrique s'est servie pour les défauts mineurs de la définition de Military Standard 105 A.

Tous les exemples fournis ci-dessus démontrent le fait important que l'ingénieur chargé du contrôle de la qualité devrait ajuster ses plans aux nécessités de sa propre organisation. Il ne doit pas être inflexible au point d'adhérer rigide-ment à des définitions données dans des manuels, ouvrages de référence ou ailleurs. Cependant, lorsqu'un ingénieur chargé du contrôle de la qualité travaille avec des consommateurs qui utilisent eux-mêmes, par exemple le Military Standard 105 A et qui, de ce fait, sont habitués aux définitions fournies dans ce document, il fera bien de retenir les définitions militaires afin d'être certain que producteurs et consommateurs parlent le même langage. En général, on peut dire que les définitions du Military Standard 105 A sont les plus recommandables lorsqu'un producteur travaille avec un grand nombre de consommateurs industriels. Il y a moins de raisons de les utiliser lorsqu'aucun problème de compréhension ou de langage relatif à la qualité n'existe entre les producteurs et les consommateurs ou lorsque les critères de réception sont strictement limités dans leurs applications à des opérations et communications qui se déroulent à l'intérieur des usines.

Interprétation et application de définitions. Lorsqu'il s'agit pratiquement de mettre au point les CD, le problème avec lequel l'ingénieur est le plus souvent confronté est de savoir si un défaut particulier devrait être classé dans une catégorie ou dans la catégorie immédiatement supérieure ou inférieure. Le problème essentiel est de savoir comment interpréter les définitions. En appliquant les définitions mentionnées dans le standard Military Standard 105 A, les règles suivantes peuvent être utiles :

- Si le défaut influence négativement la sureté, il est critique.
- S'il n'affecte pas la sureté, mais pourrait, avec un degré de certitude raisonnable, réduire sensiblement les possibilités d'utilisation, il est majeur.
- S'il n'affecte pas la sureté et ne réduit pas les possibilités d'utilisation, il est mineur.
- S'il peut avoir un effet insignifiant ou léger sur les possibilités d'utilisation, il est mineur A.
- S'il n'a pas d'effet sur les possibilités d'utilisation, il est mineur B.

Bien entendu, on se rend compte qu'aucune définition, aussi exacte qu'elle puisse être, ne peut faire de différences absolues entre diverses catégories de

défauts, puisque chaque CD est le résultat d'un compromis entre les ingénieurs responsables de la rédaction définitive du CD.

Ce qu'il faut essentiellement exiger d'une bonne classification de défauts, c'est qu'elle contienne tous les défauts critiques, majeurs ou mineurs. C'est seulement en faisant une liste de tous les défauts, que nous pouvons être raisonnablement sûrs que tous les défauts intéressant une décision de qualité satisfaisante ont été envisagés. Un système standard de numérotage par points peut grandement faciliter l'usage d'une classification de défauts. Le système suivant de numérotage est utilisé sur une très large échelle et nous le recommandons :

Les défauts critiques sont numérotés de 1 à 99 ; les défauts majeurs sont numérotés de 101 à 199 ; les défauts mineurs A sont numérotés de 201 à 299 ; les défauts mineurs B sont numérotés de 301 à 399.

Afin d'établir des interrelations entre les différentes CD concernant les éléments constitutifs, les sous-assemblages et les articles finis, la CD devrait être convenablement codifiée. Il n'est pas difficile de mettre au point une technique de codification qui indique la relation existant entre une CD relative à un élément constitutif ou à un sous-assemblage particulier et un article final plus grand. Cela facilite la mise à disposition ultérieure de données et indications.

Le problème d'échantillonnage.

Attributs et variables. Les propriétés ou qualités d'un produit figurant dans la CD peuvent être soit des attributs qualitatifs, soit des variables (continus, mesurables). Par exemple, l'existence ou la non-existence de barbes sur une rondelle est un attribut, tandis que le poids de lait dans un emballage de papier est une variable. Dans tous les cas, ce qui nous intéresse, c'est que l'article satisfasse un critère minimum relatif à chacune de ses qualités. De ce point de vue, il est clair que les propriétés "attributs" et les propriétés "variables" pourraient être considérées toutes deux du point de vue "attributs". Cependant, quand la qualité est mesurable, il peut être plus économique d'utiliser l'échantillonnage par variables. En règle générale, l'échantillonnage par variables est plus économique.

Dans tous les types d'échantillonnage (à l'exception des plans d'échantillonnage continu qui seront abordés plus tard), le but est d'avoir une règle de décision qui, à la longue, permettra d'accepter les bons lots et de rejeter les mauvais lots avec une probabilité connue. Cette déclaration admet que des erreurs seront commises dans le cas de lots individuels - certains bons lots seront rejetés et certains mauvais lots seront acceptés. Le seul moyen pratique d'éviter de telles erreurs consiste à ce que le fabricant fasse contrôler statistiquement les qualités à un tel niveau que seuls de bons articles puissent résulter du processus de fabrication. Considérons maintenant l'inspection des produits d'abord à l'aide de méthodes à "attributs", puis ensuite de méthodes à "variables". Cette étude sera suivie d'une discussion de plans d'échantillonnage continu.

Plans d'échantillonnage par attributs. Pour les fins de la présente étude, il n'est pas nécessaire de s'attarder sur les pourquoi et comment de l'échantillonnage comme moyen d'apprendre quelque chose sur la qualité bonne ou mauvaise d'un lot de marchandises. La considération qui n'est peut-être pas évidente, c'est la "philosophie" qui est à la base de différents plans d'échantillonnage publiés. Chacun de ces plans renferme certaines conceptions statistiques qui ne restent vraies que pour une longue série de lots échantillonnés.

Les plus familiers de ces plans d'échantillonnage sont le Military standard 105 A, "Procédés et tableaux d'échantillonnage pour inspection par "attributs" et les "Tableaux d'inspection par échantillonnage, échantillonnage simple et double"

de Dodge et Romig. Parmi les plans plus récents, figurent les tableaux Philips. Ces différents plans seront discutés à tour de rôle.

Military Standard 105 A. Les tables du Mil-Std. 105 A ont comme principe central le Niveau de Qualité Acceptable (AQL). Il s'agit du plus grand pourcentage de défectueux d'un lot qui soit encore tolérable et acceptable pour le consommateur. Les plans sont conçus de telle sorte que, quelle que soit la grandeur de l'échantillon prélevé, un lot de qualité égale ou supérieure à ce niveau a une probabilité d'environ 95 % ou plus d'être accepté. Comme les courbes d'efficacité des plans d'échantillonnage ont une pente plus raide au fur et à mesure que la grandeur des échantillons prélevés augmente, il en résulte que le risque assumé par le consommateur est variable et dépend de la grandeur de l'échantillon. Ainsi donc, la protection de base est instituée dans ces plans pour le fabricant, une protection secondaire importante en résultant toutefois, il est vrai, pour le consommateur. La protection de ce dernier vient des plus grands effectifs d'échantillonnage qui interviennent automatiquement pour les grands lots. En outre, lorsque l'étude de ce qui a été fait dans le passé indique qu'il est nécessaire de donner au consommateur une meilleure protection, on applique, d'après les tables, un plus haut niveau d'inspection (c'est à dire que l'on utilise des échantillons plus importants

Les tables Dodge et Romig. Les tables Dodge et Romig sont présentées en deux parties, chaque partie ayant trait à un aspect particulier de la protection du consommateur. La première partie est indexée sur le pourcentage de Tolérance des Défectueux d'un lot (LTPD), c'est à dire le pourcentage de défectueux ayant seulement 10 % de chances d'être accepté en vertu du plan d'échantillonnage. Les échantillons ne sont pas seulement donnés en fonction de l'importance d'un lot, mais il y a en outre une subdivision en régions de valeurs moyennes de fabrications "connues". Ainsi, si l'on sait que la moyenne de fabrication (pourcentage de pièces défectueuses produites en moyenne) est aux environs de 1,25 %, on trouve alors un certain LTPD et un effectif de lots donnés un plan d'échantillonnage particulier. Pour ce plan, le volume d'inspection que l'on peut s'attendre à devoir accomplir, y compris le contrôle à 100 % d'un lot s'il est rejeté, est un minimum.

La seconde moitié des tableaux Dodge et Romig a un index appelé la Limite de Qualité moyenne après Inspection (AOQL), ce qui est simplement le pourcentage minimum de défectueux qui pourrait encore être admis à la longue, après que les lots rejetés auraient été réinspectés à 100 % et que les pièces défectueuses auraient été éliminées et remplacées. D'ordinaire, on s'attendrait à ce que la qualité moyenne sortante réelle ait un pourcentage de défectueux inférieur à celui de l'AOQL.

Il faut souligner que les propriétés indiquées comme étant généralement valables pour le Mil-Std 105 A et pour les tableaux Dodge et Romig sont valables quels que soient les plans d'échantillonnage - simples, doubles ou multiples - que l'on utilise. Les premiers tableaux renferment tous les trois types de plans, les seconds seulement les plans simples et doubles. Le choix d'un type spécial de plan d'échantillonnage (à savoir simple, double ou multiple) est vraiment une matière de commodité administrative, puisqu'il n'a pas d'effet sur les risques et la protection. Cependant, un élément d'efficacité statistique accru intervient lorsque l'on a recours à plus d'un échantillon pour prendre la décision dont il s'agit. Dans un tel cas, on a généralement besoin d'un échantillonnage plus important pour le plan d'échantillonnage simple que pour le plan double ou multiple.

Du point de vue purement statistique, il apparaît que le choix des tableaux Mil-Std 105 A ou Dodge-Romig revient à savoir si c'est sur la protection du producteur ou sur celle du consommateur que l'on veut mettre l'accent. Les pre-

miers tableaux présentent les courbes d'efficacité de tous les plans, de sorte qu'il est facile au consommateur de voir effectivement quelle protection il obtient vraiment. De plus, ce standard est rédigé avec beaucoup plus de détails administratifs à l'intention de ceux qui sont peut-être moins familiers avec la statistique.

Tableaux Philips. Les tableaux d'échantillonnage Philips occupent une position intermédiaire quant à la question de savoir qui reçoit la protection fondamentale. Ces tableaux sont indexés autour du chiffre de probabilité de 50 %. Ainsi, si 4 % de pièces défectueuses correspond au chiffre de risque de 50 % ci-dessus, les lots présentant moins de 4 % de pièces défectueuses ont une plus grande chance d'être acceptés et les lots ayant plus de 4 % de pièces défectueuses ont une plus faible chance d'être acceptés. On peut voir que, pour les deux parties, producteur et consommateur, les risques sont très bien équilibrés, quelle que soit la grandeur du lot, même si ces risques changent en fonction de la grandeur du lot.

Plans d'échantillonnage d'après variables. Les seuls plans d'échantillonnage d'après variables, généralement acceptés, bien qu'ils ne soient pas encore largement utilisés en raison de leur nouveauté, sont ceux du Military Standard 414, "Procédés et tableaux d'échantillonnage pour inspection par facteurs variables du pourcentage de défectueux" (1).

Ce standard reprend assez fidèlement l'esprit et la nomenclature du Mil-Std 105 A. Naturellement, il est un peu plus compliqué que ce dernier, en dépit du fait qu'il ne contient que des plans d'échantillonnage simple. Dans le Mil-Std 105 A, on a seulement besoin de comparer un nombre observé de défectueux dans l'échantillon avec ce que l'on appelle un nombre d'acceptation pour prendre la décision de savoir si l'on peut accepter le lot. Dans le Mil-Std 414, la façon théorique de procéder est d'estimer, en utilisant l'écart-type moyen de l'échantillon ou l'étendue moyenne \bar{R} , le pourcentage de défectueux dans le lot et de le comparer avec une estimation "admissible". Cette estimation "admissible" est calculée de manière que, la proportion de fois dans laquelle le lot serait accepté soit connue. Ceci donne, en fait, la courbe d'efficacité du plan d'échantillonnage. En d'autres termes, les risques sont connus.

Pour le cas bilatéral d'échantillonnage d'après variables (qui survient lorsque sont données à la fois sur la caractéristique mesurable des limites supérieures, UL, et inférieures, LL) et, à un degré un peu moindre, pour le cas unilatéral, il y a plusieurs opérations de calcul à exécuter et plusieurs valeurs à porter dans des tableaux avant que l'on puisse prendre la décision relative au lot. On calcule la moyenne \bar{X} de l'échantillon, l'écart-type S ou l'étendue moyenne \bar{R} de l'échantillon, les indices de qualité $(U - \bar{X})/S$ et $(\bar{X} - L)/S$, on lit sur un tableau les estimations des pourcentages de défectueux dans chaque queue de la distribution, on les additionne et on compare la somme avec l'estimation "admissible" du total des défectueux trouvé sur un autre tableau. Pour l'inspecteur ordinaire, le procédé paraît plutôt rebutant.

Pour supprimer jusqu'à l'apparence de complication et rendre immédiatement accessible au commun des inspecteurs le principe et l'application de cet échantillonnage, on a mis au point un dispositif mécanique simple, permettant de procéder à ce genre d'échantillonnage (Voir appendice 1) (2). La caractéristique

(1) En vente chez le Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, Washington 25, D. C. - Prix 65 Cents.

(2) "A mechanical variables sampler", by Joseph Greenwood (en publication).

essentielle de cette méthode, c'est qu'une fois que \bar{X} et S ou \bar{R} sont calculés, le point $(\bar{X} - L, S)$ (\bar{R} permet de trouver sur une échelle conçue à cet effet la valeur de S à utiliser) est porté sur un système d'axes à échelles universelles. Quand on a choisi le AQL et l'effectif de l'échantillon donné, on a dans le système d'axes une courbe telle que le lot est accepté si, et seulement si, le point tombe au-dessous de cette courbe. L'universalité de cette courbe pour toutes les unités de mesure dérive d'un bras gradué spécial représenté sur la figure de l'Appendice I. Ce bras gradué permet à toute valeur de l'échelle d'être projetée sur la même distance horizontale sur l'axe X. Les courbes d'acceptation sont dessinées de façon à correspondre à une distance unitaire entre les limites supérieures et inférieures de spécification, intersections des courbes avec l'axe horizontal. En pratique, cette distance est généralement un autre nombre que un. Pour changer d'échelle et faire correspondre cette distance au nombre correct, il suffirait, bien entendu, de multiplier l'unité par le nombre. En fait, cette opération est réalisée au moyen du bras gradué rotatif et de ses indicateurs-curseurs, ce qui permet d'opérer en toutes situations avec un seul jeu de courbes d'acceptation.

Voici un exemple d'échantillonnage d'après variables. Pour certains boulons, le diamètre nominal et la tolérance sont indiqués comme étant de 0,5000 + 0,0300 pouces, les diamètres devant être compris entre L = 0,4700 et U = 0,5300 pouces. Un lot de 1 200 boulons est réceptionné et l'inspecteur prélève au hasard un échantillon de 30 boulons pour appliquer un AQL de 2,5 % de défectueux en utilisant l'étendue moyenne. Les mesures de l'échantillon sont indiquées par le tableau 1.

Tableau 1.

Diamètres de 30 boulons.

0,5150)	0,5053)	0,5094)
0,5040)	0,5048)	0,5099)
0,5253) , $R_1 = 0,0213$	0,5124) , $R_2 = 0,0135$	0,5008) , $R_3 = 0,0278$
0,5177)	0,5072)	0,5286)
0,5181)	0,4989)	0,5106)
0,5314)	0,5043)	0,5138)
0,4961)	0,5198)	0,5078)
0,5135) , $R_4 = 0,0353$	0,4980) , $R_5 = 0,0218$	0,5174) , $R_6 = 0,0190$
0,5154)	0,5149)	0,4984)
0,5181)	0,5094)	0,5068)

$$R = (0,0213 + \dots + 0,0190) / 6 = 0,02312$$

$$X = (0,5150 + \dots + 0,5068) / 30 = 0,51105$$

Avec les résultats des calculs obtenus ci-dessus pour l'échantillon, on peut appliquer l'une ou l'autre des méthodes décrites précédemment pour décider du sort du lot.

Appliquons le Mil-Std 414 à ces résultats. Nous commençons par calculer les indices de qualité : $Q_u = (U - \bar{X}) C/R$ et $Q_l = (\bar{X} - L) C/R$. Le facteur C est fourni par la table C-3 (Appendice II) du Mil-Std 414. Pour l'importance d'échantillonnage 30, nous y lisons C = 2,353.

$Q_u = (0,5300 - 0,51105) (2,353) / 0,02312 = 1,929$. De même, $Q_l = 4,177$. La table C-5 (Appendice III), nous indique que le pourcentage de défectueux dans le lot, au-delà de la limite supérieure, est de 2,28. Comme les valeurs Q_l de la table C-5 (Appendice III) ne vont pas jusqu'à 4,177, nous admettons que le pour-

centage de défectueux en-deçà de la limite inférieure est de zéro. Le pourcentage total de défectueux estimé pour le lot étant de 2,28, cette valeur est comparée avec le pourcentage de défectueux estimé admissible, lequel est fourni par le tableau C-3 (Appendice II). Cette valeur (M sur la table) est trouvée dans la colonne AQL = 2,5 pour l'effectif 30 de l'échantillon et est de 5,88. Comme 2,28 est inférieur à 5,88, le lot est accepté.

Epreuve de durée. Avant de parler des plans d'échantillonnage continu, nous ferons quelques commentaires sur l'état actuel de l'échantillonnage pour épreuve de durée. On est généralement d'accord pour dire que, pour beaucoup d'articles, en particulier pour les éléments et pièces d'équipement électroniques, la durée de vie ne suit pas une loi normale. Une des hypothèses les plus connues est que ces durées suivent une loi exponentielle qui dit que la probabilité de panne en tout intervalle de temps est indépendante de l'histoire antérieure à cet intervalle. Excepté pour les pannes précoces et celles dues à l'usure totale, cela semble décrire assez bien le grand groupe de pannes "moyennes".

L'utilisation de la fonction de densité de probabilité $\frac{1}{\theta} e^{-x/\theta}$, où θ est le temps moyen jusqu'au moment où l'article ne remplit plus son rôle, permet certaines applications pratiques intéressantes où l'échantillonnage est tronqué. On peut soit estimer le vrai paramètre θ , soit utiliser un procédé de décision basé sur l'échantillonnage tronqué. Les méthodes de troncature peuvent causer des économies de temps considérables en permettant d'utiliser seulement les pannes précoces dans un échantillonnage pour test de durée simultanée (1).

Plans d'échantillonnage continu. Les plans d'échantillonnage continu sont particulièrement applicables lorsque la production d'articles se fait à un rythme à peu près constant et pas trop rapide et qu'il n'est pas possible ou pratique de former des lots pour un échantillonnage ordinaire. En général, le procédé consiste à inspecter à 100 % une suite d'articles au fur et à mesure qu'ils sont produits. Ensuite, on échantillonne d'une manière systématique prescrite. Si la qualité reste satisfaisante, on peut passer à un échantillonnage de pourcentage réduit, mais, si des défectueux apparaissent à un degré excessif, l'inspection est accrue. On peut éventuellement remettre en vigueur la phase d'inspection à 100 %.

Il existe plusieurs manuels traitant de procédés de ce genre. La théorie, dont l'origine remonte à un article publié par H. F. Dodge en 1943 dans les "Annals of Mathematical Statistics" pour un niveau seulement d'échantillonnage a été développée depuis par différents auteurs. Des chercheurs de la Stanford University ont fourni les résultats théoriques les plus importants et ont préparé en outre pour la United States Air Force un manuel où l'on se sert de plans d'échantillonnage à plusieurs niveaux. Un bureau de l'United States Army a préparé un jeu de tableaux représentant un perfectionnement du système d'échantillonnage simple de Dodge.

Echantillonnage partiel des lots. Chacun des deux documents ci-dessus s'occupe seulement de l'inspection, acceptation ou rejet un par un. Mais il existe des situations dans lesquelles il n'est pas pratique ou possible de procéder à une telle inspection objet par objet. Par exemple, l'inspecteur ne peut être à même de faire son travail que lorsqu'un petit lot s'est accumulé. Prendre sur ce petit lot un échantillon séparé entraînerait des frais d'inspection par échantillonnage re-

(1) "Truncated life Tests in the Exponential Case", Benjamin Epstein, Annals of Mathematical Statistics, Vol 25, 1954, pp. 555 - 564.

lativement élevés s'il fallait le faire sur chaque lot d'une série consécutive de petits lots de ce genre. Pour faire face à cette situation, il est pratique d'étendre la méthode d'échantillonnage à échelons multiples d'articles individuels à une succession continue de lots. Il devient ainsi possible, avec de la bonne qualité d'inspecter par échantillonnage seulement une fraction des lots, obtenant ainsi une économie notable de frais d'inspection tout en utilisant des échantillons distinctifs lorsqu'ils sont prélevés.

Le procédé consiste à inspecter par échantillonnage (en utilisant pour chacun des lots échantillonnés le même plan d'échantillonnage simple prescrit) 100 % des lots jusqu'à ce qu'un certain nombre de lots consécutifs ait été accepté. Ensuite, on inspecte par échantillonnage juste une proportion prescrite de la suite des lots présentés, en allant même jusqu'à adopter de plus petites proportions de lots à échantillonner. Si un lot est rejeté, le procédé demande que l'on retourne à un échelon d'échantillonnage antérieur ou, dans certains cas, à l'échantillonnage à 100 % des lots. Comme dans les articles antérieurs, la fraction moyenne d'articles inspectés et l'AOQL d'articles acceptés sont connus une fois que le plan complet est spécifié.

L'étude théorique de ce plan d'inspection, dans l'hypothèse de lots de même effectif N , permet de constater que la qualité moyenne des lots après inspection (AOQ) et, par conséquent, les valeurs maximum du pourcentage moyen de défectueux après inspection (AOQL), sont peu sensibles à l'effectif N des lots.

En conséquence, d'un point de vue pratique, on peut lever la restriction d'un effectif constant N de tous les lots et admettre dans une certaine mesure, une variation de l'effectif des lots.

Cependant, la suite du volume des lots doit être au moins localement indépendante des résultats de l'échantillonnage ou de la nature du plan d'échantillonnage.

Comme exemple du genre de résultats que l'on peut obtenir en appliquant l'échantillonnage partiel des lots, on peut considérer la situation suivante : Une succession de lots ayant des tailles moyennes de 80 est représentée à l'inspection. De chacun de ces lots, un échantillon de grandeur 15 avec nombre d'acceptation de un est prélevé. Si 10 lots de suite sont acceptés, on échantillonne un lot sur 5. Si 10 de ces lots sont acceptés à la suite les uns des autres, on commence à ne plus inspecter par échantillonnage qu'un lot sur 10. Si un lot est rejeté, on le passe au crible, inspecte par échantillonnage les lots restants du groupe de lots dont provenait le lot rejeté, puis on recommence à appliquer le plan du début. L'AOQL de ce plan est approximativement de 4 %.

Petits échantillons. Ce sujet à une importance considérable pour le consommateur individuel, lequel est dans une position beaucoup plus difficile que le consommateur industriel dans la mesure où il s'agit de sa capacité d'évaluation de la qualité des produits. D'ordinaire, il achète un seul article. Il faut admettre qu'il ne peut pas échantillonner au sens ordinaire du mot. Cependant, avec la quantité limitée de données qui peuvent être acquises par l'inspection d'un seul échantillon, il peut être capable de tirer quelques conclusions valables au sujet de la qualité d'articles fabriqués par un producteur particulier. Ceci suppose que le producteur a un système de contrôle de qualité efficace, répondant aux définitions de l'organisme de contrôle mentionné plus haut. Il faut noter que, fréquemment, les consommateurs commandent des articles, par exemple, des téléviseurs, des réfrigérateurs ou des automobiles, dans les salles d'exposition et qu'ils s'intéressent donc non seulement à la qualité de l'article exposé, mais encore à la qualité générale de la production du fabricant.

A titre indicatif, supposons qu'un client achète chez une maison X un as-

pirateur de poussières. Avec l'aspirateur se trouve la liste de 27 caractéristiques de qualité (la Classification de Défauts) à l'inspection desquelles le fabricant a probablement fait procéder antérieurement à l'expédition. Supposons par ailleurs que l'aspirateur a été fabriqué dans des conditions statistiquement contrôlées avec une moyenne de défauts de 1, 2 défauts par aspirateur. Si l'acheteur examine l'aspirateur sous l'angle de chacune de ses caractéristiques et s'il en trouve 5 d'entre elles défectueuses, il est alors à même de tirer une conclusion valable au sujet de la qualité générale de la production. Il peut le faire à partir d'une table de la loi exponentielle de Poisson. Celle-ci indique que 5 défauts ou plus provenant d'une fabrication contrôlée à une moyenne de 1, 2 défauts par aspirateur surviendraient par hasard moins d'une seule fois dans 100 aspirateurs. La supposition la plus valable que l'acheteur puisse faire alors, c'est que la fabrication n'était pas réellement sous contrôle statistique et que la "population" dont a été tiré l'aspirateur-échantillon est de qualité inconnue.

Il est vrai que, pour le consommateur individuel, c'est là une méthode plutôt compliquée de résoudre le problème statistique inhérent au tirage de conclusions à partir de petits échantillons. L'application ci-dessus décrite de la table de Poisson est simplement destinée à être un point de départ pour la discussion ou pour des recherches plus poussées dans le domaine des petits échantillonnages.

Si les consommateurs ou des organisations de consommateurs n'ont que des possibilités limitées d'acquérir des échantillons plus grands que un, le Mil-Std 105 A peut être utilisé. Ce standard a été récemment augmenté de tableaux pour petits échantillonnages. En utilisant de petits échantillons de la façon indiquée par le Mil-Std 105 A, on rend possible la prise de décision sur une base statistique.

CONCLUSION.

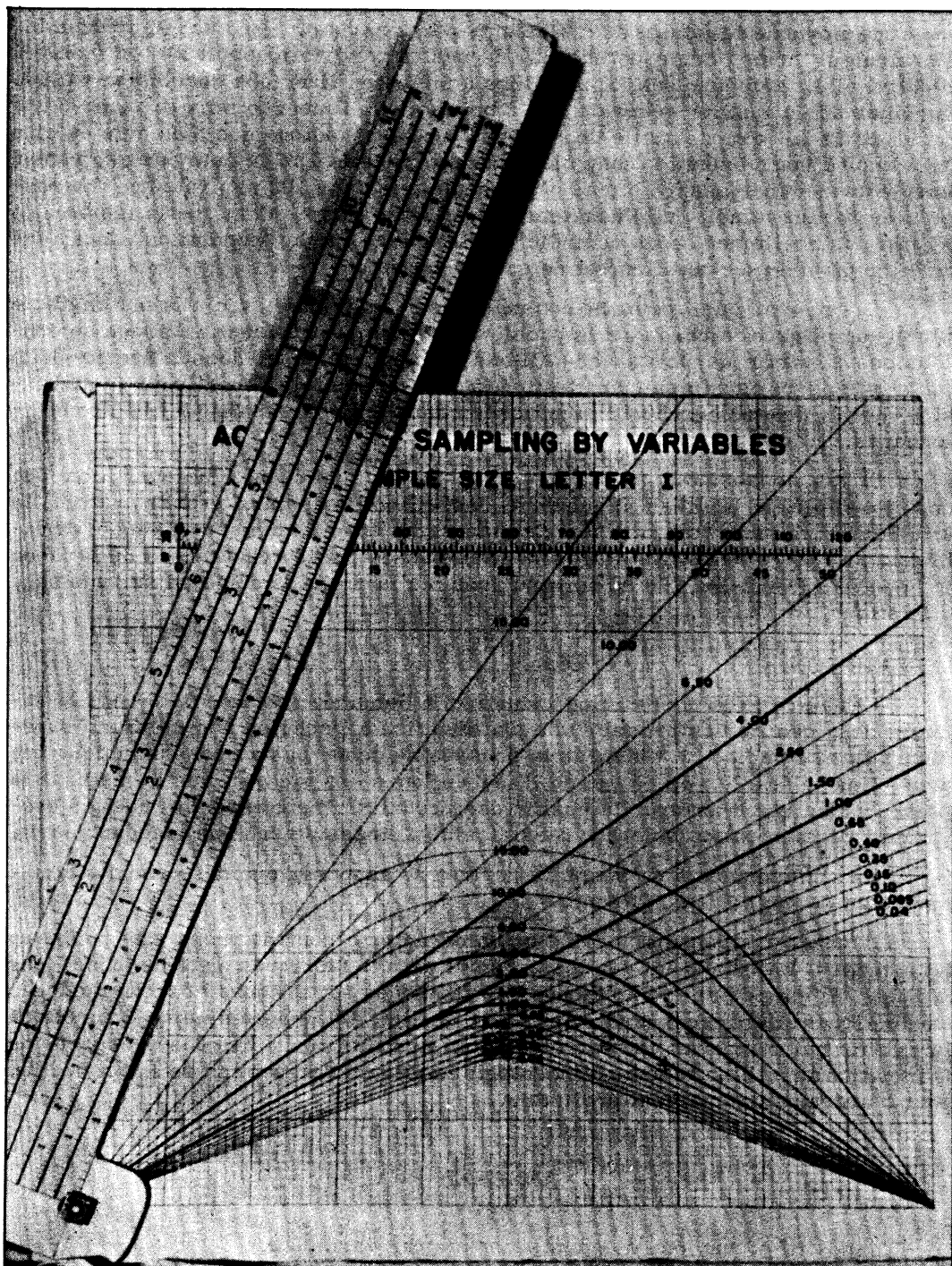
La nature de la compétition industrielle demande que soit faite dans le domaine de la qualité des produits une planification à l'échelon administratif supérieur. En elle-même, une inspection poussée ne donne pas au consommateur une protection adéquate, et ce genre d'inspection n'est pas non plus la méthode la plus économique d'assurer la qualité des produits. Il est essentiel que les opérations de fabrication soient gérées et administrées d'après un standard écrit.

La conformance à ce standard permet de supposer que des produits fabriqués sont de qualité satisfaisante.

Il peut être recommandable qu'un organisme central prépare et publie un tel standard. En supposant que les produits ont été fabriqués dans les conditions définies, il est possible d'appliquer des méthodes statistiques et technologiques économiques et efficaces pour vérifier la qualité. Un programme de contrôle de la qualité qui comprend un contrôle administratif et technique des processus de fabrication aussi bien qu'une méthodologie moderne d'inspection de la production peut s'avérer extrêmement profitable.

ANNEXES

- I - Dispositif mécanique d'échantillonnage par variables.
- II - Tableau C-3 du Military Standard 414.
- III - Tableau C-5 du Military Standard 414.



Annexe III

Tableau C-5 (du Mil-Std-414)

Tableau permettant d'estimer le pourcentage de défectueux d'un lot en utilisant la méthode de l'étendue.

Q_u ou Q_L	3	4	5	7	10	15	25	30	35	40	50	60	85	115	175	230
1,90	0,00	0,00	0,00	0,67	1,45	1,99	2,38	2,47	2,53	2,57	2,64	2,68	2,74	2,77	2,81	2,83
1,91	0,00	0,00	0,00	0,62	1,38	1,93	2,32	2,41	2,47	2,51	2,58	2,61	2,67	2,70	2,74	2,76
1,92	0,00	0,00	0,00	0,56	1,32	1,86	2,25	2,34	2,41	2,45	2,51	2,55	2,61	2,64	2,68	2,70
1,93	0,00	0,00	0,00	0,51	1,26	1,80	2,19	2,28	2,34	2,38	2,45	2,49	2,55	2,58	2,61	2,63
1,94	0,00	0,00	0,00	0,46	1,20	1,74	2,13	2,22	2,28	2,32	2,39	2,43	2,49	2,52	2,55	2,57
1,95	0,00	0,00	0,00	0,42	1,15	1,68	2,07	2,16	2,22	2,26	2,33	2,37	2,43	2,46	2,49	2,51
1,96	0,00	0,00	0,00	0,37	1,09	1,62	2,01	2,10	2,16	2,20	2,27	2,31	2,37	2,40	2,43	2,45
1,97	0,00	0,00	0,00	0,33	1,04	1,57	1,95	2,04	2,10	2,14	2,21	2,25	2,31	2,34	2,38	2,40
1,98	0,00	0,00	0,00	0,30	0,99	1,51	1,90	1,99	2,05	2,09	2,15	2,19	2,25	2,28	2,32	2,34
1,99	0,00	0,00	0,00	0,26	0,94	1,46	1,84	1,93	1,99	2,03	2,10	2,14	2,20	2,23	2,26	2,28