

# LA VALEUR DE L'INSPECTION PAR ÉCHANTILLONNAGE COMME MÉTHODE DE CONTRÔLE\* DE LA QUALITÉ

Bernard CLÉMENT, PhD  
École Polytechnique de Montréal  
Génistat Conseils Inc.

---

(\* contrôler : inspecter, maîtriser, vérifier, tester, surveiller)

## Les méthodes de la qualité

La qualité est un sujet vaste qui fait intervenir beaucoup de méthodes pour la planifier, la maîtriser et surtout, pour l'améliorer. Nous avons réalisé sur le sujet des méthodes, un document intitulé *Guide des outils de base pour la qualité*. Il est disponible sur le site Internet <http://www.cours.polymtl.ca/ind2501/documents>.

Depuis toujours les **méthodes statistiques** de la qualité occupent une place centrale et importante dans l'ensemble des moyens dont dispose le concepteur et le producteur pour assurer et améliorer la qualité de ses produits et services. Plusieurs méthodes statistiques ont été conçues et développées à l'origine pour comprendre la qualité des fabrications. En particulier, les cartes de contrôle et les plans d'inspection de lots par échantillonnage furent développés dans les années 1920-45 en réponse à des besoins spécifiques de maîtrise de la qualité. Cette période fut riche en développements de méthodes sous l'impulsion des de Shewhart, Dodge, Romig, et Wald pour en nommer que quelques uns. Le document *Jalons historiques de la qualité*, sur le même site Internet mentionné plus haut, présente une série de dates importantes sur la qualité du le vingtième siècle. Traditionnellement, on regroupe les méthodes statistiques de la qualité selon trois catégories:

- **Inspection par échantillonnage** de produits regroupés en lots ("*Acceptance Sampling*") On retrouve dans cette catégorie, en autres, les systèmes de plans d'échantillonnage MIL STD 105 E, ISO 2859, ANSI Z 1.4, Dodge-Romig, pour les caractéristiques de qualité qualitative (attribut) et, les systèmes MIL STD 414, ISO 3859, ANSI Z1.9 pour les caractéristiques de qualité quantitative (mesure);
- **SPC : Contrôle (Maîtrise) Statistique des Processus** (CSP ou MSP) pour le contrôle statistique des processus en cours de fabrication; cette méthode permet de s'assurer de la stabilité et de mesurer la capacité des processus;
- **Expérimentation** (plans d'essais) avec les produits et les procédés; elle s'applique aussi bien à l'étape de conception de produits et de procédés qu'à l'étape de fabrication.

## Contrôle et amélioration de la qualité

C'est à Joseph Juran, l'un des grands gurus de la qualité, à qui l'on doit l'analogie entre le management de la qualité et le management des finances dans une entreprise. Cette analogie est présentée dans le tableau et elle fait référence à trois processus fondamentaux.

<u>processus</u>	<u>finances</u>	<u>qualité</u>
planification	budget	plan qualité
contrôle	dépenses	mesures
amélioration	réduction coûts	réduction variabilité

Le contrôle et l'amélioration de la qualité constituent le cœur du management de la qualité lorsque le plan qualité a été mis en place.

### **Arguments en faveur de l'inspection par échantillonnage**

L'utilisation de l'inspection par échantillonnage est traditionnellement employée en cours de réception des marchandises. Elle est aussi employée en cours de fabrication à l'usine dans le cas d'assemblage de systèmes et sous systèmes avec des étapes de production constituée de processus interconnectés. Les points d'inspection sont souvent placés avant d'entreprendre une opération à valeur ajoutée coûteuse. Depuis plusieurs années, l'inspection par échantillonnage est devenue un sujet et une pratique controversée. Mais avant d'exposer quelques uns des arguments avancés contre l'inspection par échantillonnage, examinons les arguments en faveur de cette pratique.

- Quand le produit est assujéti à un test destructif, l'échantillonnage est de toute évidence absolument essentiel. Par exemple, lors d'un test de rupture, le produit devient inutilisable et doit être rebuté.
- La production de mélanges homogènes dans l'industrie alimentaire ou dans l'industrie chimique favorise le prélèvement d'échantillons pour vérifier les propriétés du produit. Par exemple, il est suffisant de prélever un échantillon de bière dans un baril afin de vérifier les caractéristiques de goût et de pH.
- L'échantillonnage peut être nécessaire si l'évaluation du produit exige des équipements coûteux et un personnel spécialisé. De même, si les résultats de tests sont longs à compléter ou si les longs délais entravent la prise de décisions.
- Dans certains cas, l'échantillonnage devient une exigence du client ou est requise par une agence gouvernementale. On peut même avoir l'obligation d'employer des inspecteurs indépendants de l'organisation.
- En certaines circonstances l'inspection par échantillonnage est un moyen tout indiqué pour protéger le client. Par exemple, lorsque la livraison du produit est retardée ou se fait dans des conditions de transport inférieures aux standards. De même, lorsque le produit est exposé à des conditions environnementales hasardeuses pouvant accélérer sa détérioration.
- L'échantillonnage peut s'avérer une méthode appropriée pour évaluer les fournisseurs dans un programme de certification. Cette activité permet d'établir la performance historique de qualité du fournisseur.
- L'échantillonnage peut être un moyen pratique et facile à implanter lorsqu'un fournisseur présente des problèmes de qualité.
- L'inspection par échantillonnage peut être employée dans des activités d'audit qualité, en particulier pour des évaluations spontanées de la qualité d'un produit.

### **Arguments contre l'inspection par échantillonnage**

Depuis plusieurs décennies, la littérature sur les méthodes de la qualité a avancé plusieurs arguments afin de décourager la pratique de l'inspection par échantillonnage. Ces arguments sont corrects dans leurs formulations mais ils ne s'appliquent pas dans toutes les situations sans un examen attentif des circonstances. Les arguments présentés plus haut en faveur de la pratique représentent un état de fait incontournable. Examinons quelques uns des arguments avancés contre l'inspection par échantillonnage. Le premier argument de nature statistique fut démontré par Mood (1943) et le second est d'ordre économique, connu sous le nom de *règle de Deming* (1982).

## Résultat de Mood

*Il n'y a aucune corrélation entre le nombre de produits non conformes dans l'échantillon prélevé et le nombre de produits non conformes dans le reste du lot dans lequel l'échantillon a été prélevé.*

Une hypothèse nécessaire pour que le résultat s'applique est que, les lots proviennent de processus de fabrication *en état de contrôle (stabilité) statistique*. À ce jour, le seul moyen connu qui existe pour faire la démonstration de la stabilité statistique, est l'utilisation d'une carte de contrôle appropriée. D'ailleurs, la définition opérationnelle du concept de *stabilité de processus* est de nature statistique et rien d'autre.

Ce résultat est contre intuitif et fut démontré par Mood en 1943. On peut en faire une illustration avec une simulation Monte Carlo. En termes pratiques, le résultat implique que le résultat observé dans l'échantillon ne permet pas de *prédire le résultat* dans le reste du lot qui n'est pas échantillonné. L'échantillonnage apparaît un exercice futile à quiconque veut prendre une décision pour accepter ou refuser un lot. Le résultat semble un argument assez négatif vis-à-vis les plans d'échantillonnage des lots. Mais qu'en est-il ? L'hypothèse critique dans l'énoncé plus haut est *l'état de contrôle statistique*.

**Malheureusement, peu de procédés demeurent stable pour de longues périodes de temps.** Une situation de non stabilité souvent rencontrée est celle de la dérive graduelle de la moyenne du procédé. Dans ce cas, le résultat de non corrélation est faux. Par exemple, on peut établir le résultat suivant avec une simulation Monte Carlo. Des échantillons de taille  $n = 1000$  sont prélevés dans des lots de taille  $N = 10\ 000$  alors que le procédé présente une dérive graduelle entre  $p = 0.01$  et  $p = 0.10$  où  $p$  représente la proportion de produits non conformes provenant du procédé. On obtient alors une corrélation de l'ordre de 0.97 entre la proportion de produits non conformes dans l'échantillon et la proportion de produits non conformes dans le reste de l'échantillon. Il est clair dans ce cas que l'échantillon est un prédicateur effectif de la proportion non conforme dans le reste du lot.

Un autre cas est celui d'un changement soudain de la moyenne. Encore ici nous utilisons la simulation de Monte Carlo comme moyen pour illustrer le résultat suivant. Les conditions employées pour faire la simulation sont :  $n = 1000$ ,  $N = 10\ 000$  et un changement soudain de  $p = 0.02$  à  $p = 0.05$ . Lorsque le procédé est centré sur  $p = 0.02$ , la proportion de produits non conformes dans les échantillons varient entre 0.012 et 0.031. Lorsque le procédé change à une nouvelle valeur de  $p = 0.05$ , disons, la proportion de produits non conformes dans les échantillons varient entre 0.034 à 0.069. Dans ce cas il est encore assez évident que l'échantillonnage permettra de détecter la présence du changement. C'est d'ailleurs un des objectifs implicites qui supporte la pratique de l'échantillonnage. De plus, il y a plusieurs remarques additionnelles que l'on peut faire à propos du résultat de Mood qui en atténuent grandement sa portée pratique (Milligan, 1991).

- **Règle de Deming**

*Si on tient en compte les coûts associés à l'inspection des lots alors, ou bien ne faire aucune inspection du lot (0 %) ou faire l'inspection du lot à 100 %.*

Deming fit remarquer que les systèmes de plans d'échantillonnage standard mentionnés plus haut ne tiennent pas en compte des aspects économiques de l'inspection. Bien sûr, des circonstances s'appliquent pour choisir une de ces deux possibilités. L'analyse de Deming semble dévastatrice pour la pratique de l'échantillonnage. Mais, une analyse des hypothèses sous jacentes de la règle atténuent grandement sa portée pratique. Examinons en détail l'argumentation de Deming en introduisant la notation suivante:

- N : taille du lot
- n : taille de l'échantillon
- p : proportion d'articles (ou composants) défectueux dans le lot
- $P_a$  : probabilité d'accepter le lot
- $C_1$  : coût de l'inspection d'un article (composant)

$C_R$  : coût résultant de laisser entrer un article ou composant défectueux dans le processus de fabrication

$C_T(n)$ : coût total résultant d'un échantillonnage de  $n$  articles

Il est raisonnable de faire l'hypothèse suivante:  $C_I < C_R$

Si on ne fait pas d'inspection ( $n = 0$ ) et on accepte tous les lots, alors

$$C_T(n=0) = N p C_R$$

Si on fait l'inspection à 100 % ( $n = N$ ), alors

$$C_T(n=N) = N C_I$$

Si on inspecte  $n$  articles où  $0 < n < N$ , alors

$$C_T(n) = n C_I + (N - n) P_a p C_R + (N - n) (1 - P_a) C_I$$

Quel est le choix optimal entre :  $n = 0$ ,  $n = N$ , ou  $0 < n < N$  ?

Commençons par comparer, les deux stratégies extrêmes:  $n = 0$  avec  $n = N$

Pour quelle valeur de  $p$  les coûts sont ils égaux ? On a

$$\begin{aligned} C_T(n=0) &= C_T(n=N) \\ N p C_R &= N C_I \\ p &= C_I / C_R \end{aligned}$$

Donc si  $p < C_I / C_R$  alors  $C_T(n=0) < C_T(n=N)$  et il en coûte moins cher de ne pas échantillonner ( $n = 0$ ) que de faire l'inspection à 100% ( $n = N$ ). Par contre si  $p > C_I / C_R$ , alors il en coûte moins cher de faire l'inspection à 100%.

Comparons maintenant les deux stratégies :  $0 < n < N$  et  $n = N$ .

Pour quelle valeur de  $p$ , les coûts sont ils égaux ? On a

$$\begin{aligned} C_T(n) &= C_T(n=N) \\ n C_I + (N - n) P_a p C_R + (N - n) (1 - P_a) C_I &= N C_I \end{aligned}$$

Après quelques simplifications, on obtient la même valeur critique de  $p$  que celle obtenue plus haut, c'est à dire

$$p = C_I / C_R$$

Le résultat est connu sous la règle de Deming et peut se formuler ainsi:

*Si  $p < C_I / C_R$ , alors il ne faut pas faire d'échantillonnage ( $n = 0$ )*

*Si  $p > C_I / C_R$ , alors il faut faire l'échantillonnage à 100 % ( $n = N$ )*

La conséquence immédiate de la règle de Deming semble décourager toute forme d'inspection par échantillonnage ( $0 < n < N$ ) : ne rien inspecter ou tout inspecter sur la base des informations  $p$ ,  $C_I$ ,  $C_R$ . Mais qu'en est-il au juste ? **Il faut une estimation précise de  $p$  et la détermination de coûts.** Comment estimer  $p$  autrement que sur la base de l'échantillonnage ? La détermination de coûts  $C_I$ ,  $C_R$  est difficile. Donc la règle n'apparaît pas une politique facile à appliquer. De plus, il y a une autre hypothèse implicite avec la règle : *l'inspection ne doit pas être destructrice.*

### **Perspective sur l'inspection et conclusion**

Les arguments en faveur et contre l'échantillonnage sont entremêlés avec des arguments sur l'inspection. Les arguments visent surtout l'inspection comme moyen de contrôle de la qualité. C'est un fait que à l'état de produit fini, l'inspection ne peut *inspecter la qualité dans le produit si elle n'y est pas déjà*. Néanmoins, il y a un rôle pour l'inspection par échantillonnage. La pratique doit être vue comme une stratégie défensive dans bien des circonstances réelles. Par exemple, des procédés contrôlés dérivent occasionnellement, des fournisseurs fiables et consciencieux ont des problèmes de qualité à l'occasion, des matériaux et des produits sont placés dans des conditions douteuses, etc. L'inspection des lot par échantillonnage peut être vue aussi comme un moyen d'audit

Il est intéressant de remarquer que les auteurs qui rejettent l'inspection par échantillonnage, proposent de remplacer l'inspection des lots par les cartes de contrôle de Shewhart. Mais l'échantillonnage des produits en cours de fabrication est une opération fondamentale pour implanter et exploiter les cartes. Ce n'est donc pas l'échantillonnage qui est mis en cause. Dans ce cas, l'inspection des produits a pour but de fournir l'information sur le procédé et non pas, comme beaucoup le pensent, de classer les produits.

L'inspection par échantillonnage permet de tamiser les produits sortants. Elle peut révéler des problèmes de qualité mais ce n'est pas une méthode pour les corriger. Le but de l'inspection est d'éliminer le besoin d'en faire. La seule alternative valable à l'inspection est de faire le produit bon la première fois. Pour y arriver il y a une seule stratégie à long terme: améliorer continuellement et travailler avec les fournisseurs afin d'améliorer les niveaux de qualité des procédés. Mais à court terme, il ne faut pas se priver d'employer l'inspection par échantillonnage pour protéger le client.

### **Références**

- Deming, W. E. (1986) *Out of the Crisis*. MIT Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, Mass.
- Gogue, Jean-Marie (1990). *Les six samouraï de la qualité*. Economica, Paris.
- Juran's Quality Control Handbook*. Fourth edition, McGraw-Hill, 1988 . J.M Juran, Editor in Chief, F. M. Gryna, Associate Editor.
- Milligan, G, and Zink, S, (1994) Recognizing the Value of Sampling Inspection. *The Center for Quality Management Journal*, vol 3, no 1, pp. 6-14.
- Milligan, G. (1991). "Is Sampling Really Dead?", *Quality Progress*, 24(4): 77-81.
- Mood, A. M. (1943). On the Dependence of Sampling Inspection Plans Upon Population Distributions. *Annals of Mathematical Statistics*. pp.415-425